農業集落排水施設における省エネ技術導入技術資料

平成２６年３月

一般社団法人　地域環境資源センター

はじめに

農業集落排水施設において、主として維持管理コスト縮減の観点から省エネ技術の普及が求められていますが、その取組は未だ一部に限られている状況です。

また、平成23年３月に発生した原子力発電所事故を受けた節電への対応を求められており、農業集落排水施設においても省エネ対策をより一層推進する必要があります。

このため、省エネ技術の導入促進に向け、省エネに資すると予想される技術を供用中の多くの施設に実際に適用できるように、様々なタイプの施設で実証して省エネ運転方法とその効果を「見える化」し、関係者にわかりやすく説明できる「農業集落排水施設における省エネ技術導入技術資料」を作成し、さらにこの技術資料を活用して全国に向けて発信して技術の全国的な省エネ技術の普及を図ることといたしました。

当センターは、平成23～平成25年度の農林水産省の補助事業（集落排水資源利活用実証事業（省エネ技術導入実証事業））を受けて、各種の省エネ技術を実施設に導入・実証を行い、得られた成果として本技術資料を作成いたしました。

本技術資料が省エネ技術の導入の一助となれば幸いです。

なお、本技術資料の作成に当たりまして、ご指導いただきました省エネ技術導入実証調査検討委員会の委員各位、並びに、本実証試験の調査に協力いただいた関係各位に、厚く御礼申し上げます。

平成２６年３月

一般社団法人　地域環境資源センター
理事長　　田中　忠次

＜本技術資料の作成担当＞

本技術資料の作成に当たっては、「省エネ技術導入実証調査検討委員会」を設置し、管路施設や汚水処理施設に関する専門知識を有する学識経験者等からなる委員及び当センターの担当メンバーで最終原案を取りまとめた。

「省エネ技術導入実証調査検討委員会」に参画したメンバーは以下のとおりである。

委員長	茨城大学　農学部　名誉教授	中曽根 英雄
委員	北里大学　医療衛生学部健康科学科　専任講師	伊与　亨
委員	山口県土地改良事業団体連合会　事業部事業第１課長	義嶋　毅士
委員	徳島県土地改良事業団体連合会　事業課集落排水担当係長	矢野　周造
委員	(一社)日本産業機械工業会　風水力機械部会 ロータリ・ブロワ委員会　委員	小森　勲
委員	(一社)日本産業機械工業会　風水力機械部会 排水用水中ポンプシステム委員会　委員長	高比良　博志

目　次

第１章　省エネ技術導入の目的及び概要 ····· 1
第２章　省エネ技術の調査方法 ····· 2
第３章　維持管理費における電気料の割合 ····· 4
第４章　省エネ機器による省エネ技術
4.1　管路施設における高効率水中ポンプ ····· 7
4.2　真空管路施設における吸気弁 ····· 17
4.3　微細気泡ディフューザ ····· 24
4.4　高効率Ｖベルト ····· 34
4.5　太陽光発電 ····· 44
第５章　省エネ運転手法による省エネ技術
5.1　流量調整槽撹拌装置の運転手法 ····· 55
5.2　流量調整ポンプの運転手法 ····· 62
5.3　ばっ気撹拌装置及びばっ気ブロワの運転手法 ····· 68
5.4　オキシデーションディッチ（ＯＤ）ばっ気撹拌装置の運転手法 ····· 75
5.5　脱臭ファンの運転手法 ····· 82
第６章　省エネ技術の組合せと導入検討時期 ····· 87
第７章　総括 ····· 88

＜参考資料＞
参考資料１．その他の省エネ技術の紹介 ····· 参－1
参考資料1.1　返送汚泥ポンプへの竪型汚水汚物ポンプの適用 ····· 参－1
参考資料1.2　流入負荷量に併せたＯＤばっ気撹拌装置の運転手法 ····· 参－6
参考資料２．太陽光発電のアンケート調査結果 ····· 参－9
参考資料３．維持管理業者への省エネ技術アンケート調査結果 ····· 参－11

第１章　省エネ技術導入の目的及び概要

省エネ技術（省エネ機器及び省エネ運転手法）は、農業集落排水施設における維持管理費（電気料金）の縮減のために導入・普及するものである。

【解説】

農業用水の水質保全を図る農業集落排水施設において、主として維持管理費（電気料金）縮減の観点から省エネルギー（以下　「省エネ」という。）技術（省エネ機器及び省エネ運転手法）の普及が求められているが、その取組はいまだ一部に限られている。このため、低炭素社会の実現に向けて、エネルギーを消費している農業集落排水施設においても省エネ対策を実施する必要がある。

平成23～25年度に行った実証調査ではこの省エネ技術の導入を促進するため、供用中の多くの施設に実際に適用できるように、様々なタイプの施設で実証して省エネ技術とその効果を確認している。

省エネ技術導入調査の概要は以下のとおりである。

多くの集落排水処理施設の処理方式に適用できるように、処理方式の異なる茨城県の３施設、徳島県の１施設及び山口県の４施設にて実証を行う地区ごとの運転条件等を踏まえて、**表 1.1** に掲げる省エネ機器及び省エネ運転について実証調査を行った。

これらの実証結果を踏まえて、各省エネ技術を一般化して「農業集落排水施設における省エネ技術導入技術資料」として取りまとめ、本技術資料を活用して全国に向けて発信して技術の全国的な省エネ技術の普及を図るものである。

表1.1　省エネ技術の一覧

省エネ技術	
Ⅰ．省エネ機器	１．管路施設における高効率水中ポンプ
	２．真空管路施設における吸気弁
	３．微細気泡ディフューザ
	４．高効率Ｖベルト
	５．太陽光発電
Ⅱ．省エネ運転手法	６．流量調整槽撹拌装置の運転手法
	７．流量調整ポンプ運転手法
	８．ばっ気撹拌装置及びばっ気ブロワの運転手法
	９．オキシデーションディッチ（ＯＤ）ばっ気撹拌装置の運転手法
	10．脱臭ファンの運転手法

第２章　省エネ技術の調査方法

省エネ技術の省エネ効果は、導入前・後の電力量を計測し、この電力量を電力量料金に換算して削減額や削減率で評価する。

【解説】

対象の省エネ機器や省エネ運転手法の省エネ効果の確認は、使用電力量（電力量計）を用いる。

電力量計は、必要な機器及び測定箇所毎にセットし、１秒～１分間隔で電流値、電力量、積算電力量をSDカードに取り込み、解析を行う。実証調査時の電力量計の取付状況を**写真2.1**に示す。実証調査時の電力量計を参考として図**2.1**に示す。

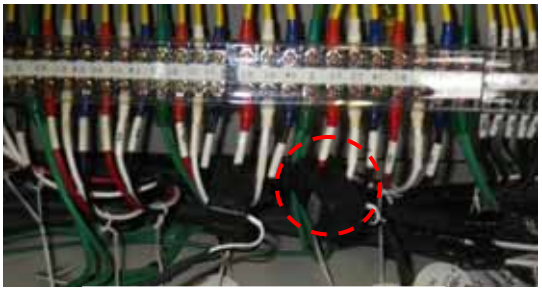
省エネ効果は、導入前・後の電力量から電力量料金に換算し、導入前・後の電力量料金を比較し削減額や削減率で評価する。なお、電力量料金は基本料金を含めないで、電力量料金単価は、全国統一の13円／kWhとした。

なお、処理施設の運転条件に大きく影響を与える機器や運転手法の変更時には、現場での簡易分析機器による水質判断の他に公定法による水質分析を行い、運転状況を確認する必要がある。

制御盤外観

制御盤内状況

電力量計 設置



電力量計 計測箇所（拡大）

電力量計 設置

電力量計 計測箇所

写真 2.1　制御盤への電力量計のセット状況

図 2.1　実証試験で使用した電力量計事例

第３章　維持管理費における電気料の割合

電気料金は、維持管理費の中では汚泥処理費に次いで２番目の費用であり、電気料金の維持管理費の中で占める割合は、処理方式により異なる。

【解説】

農業集落排水施設に適用される主要な汚水処理方式である嫌気性ろ床と接触ばっ気を組み合わせた方式（以下、「JARUS-Ⅲ型」という。）、回分式活性汚泥方式（以下「JARUS-Ｘ１型」という。）、連続流入間欠ばっ気方式（以下「JARUS-ＸⅣ型」という。）を事例に、維持管理費の内訳を**表 3.1** 及び**図 3.1** に示した。なお、維持管理費の算出には、当センターの基本設計システムを使用した。

電気料金は、処理方式によらず処理対象人口 1,000 人規模で 2,200～2,400 千円程度／年である。結果としてどの方式においても、費用の大きい順に、①汚泥処理費、②電気料金、③技術点検費となっている。

また、電気料金が維持管理費に占める割合は、汚泥処理費と技術点検費（維持管理業者の点検頻度）の小さいⅢ型では 35%程度であり、一方、汚泥処理費と技術点検費の大きな JARUS－ＸⅠ型やＸⅣ型では 20%程度であった。

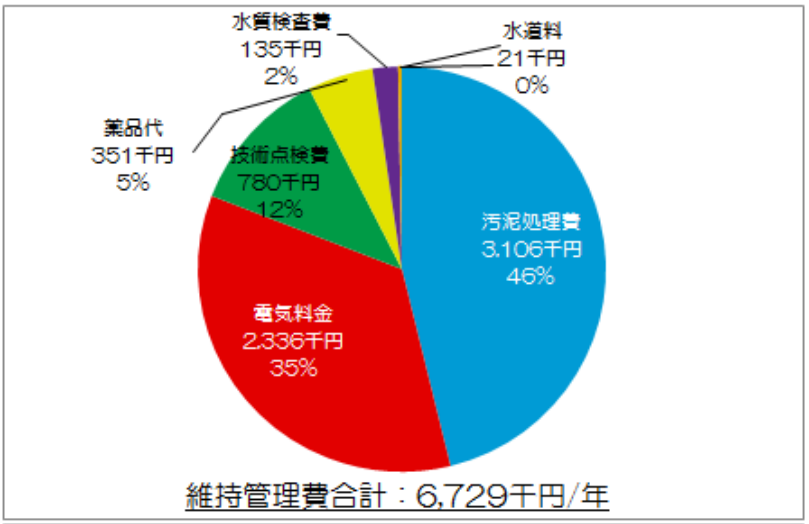
表 3.1　JARUS－Ⅲ型、ＸⅠ型及びＸⅣ型における維持管理費の内訳

No.	項目	維持管理費及びその割合		
		JARUS-Ⅲ型（1,000人）	JARUS-ＸⅠ型（1,000人）	JARUS-ＸⅣ型（1,000人）
①	汚泥処理費	3,106千円　(46%)	7,095千円　(63%)	7,095千円　(61%)
②	電気料金	2,336千円　(35%)	2,180千円　(19%)	2,386千円　(21%)
③	技術点検費	780千円　(12%)	1,560千円　(14%)	1,560千円　(14%)
④	薬品代	351千円　(5%)	351千円　(3%)	351千円　(3%)
⑤	水質検査費	135千円　(2%)	135千円　(1%)	135千円　(1%)
⑥	水道料	21千円　(0%)	21千円　(0%)	21千円　(0%)

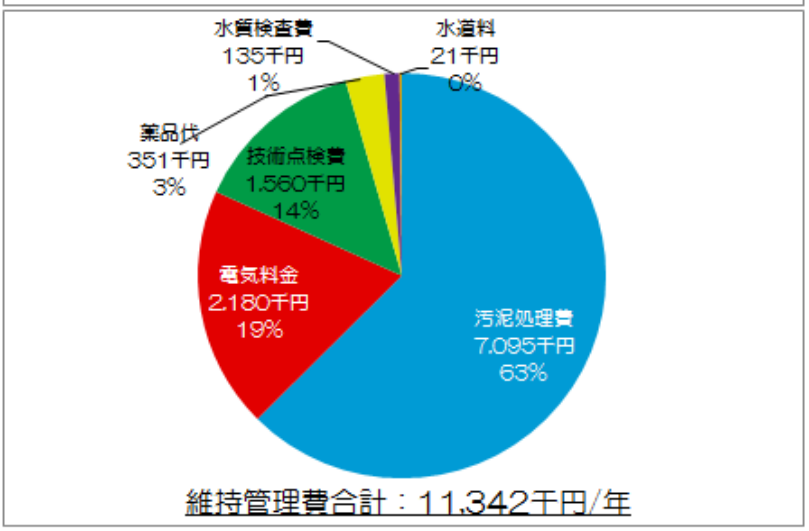
※汚泥処理費は、発生汚泥をし尿処理場で処理した場合の金額である。

※消耗品費、補修費、諸経費及び消費税は除く。

JARUS-Ⅲ型
1,000人
供用率　100%



JARUS-ＸⅠ型
1,000人
供用率　100%



JARUS-ＸⅣ型
1,000人
供用率　100%

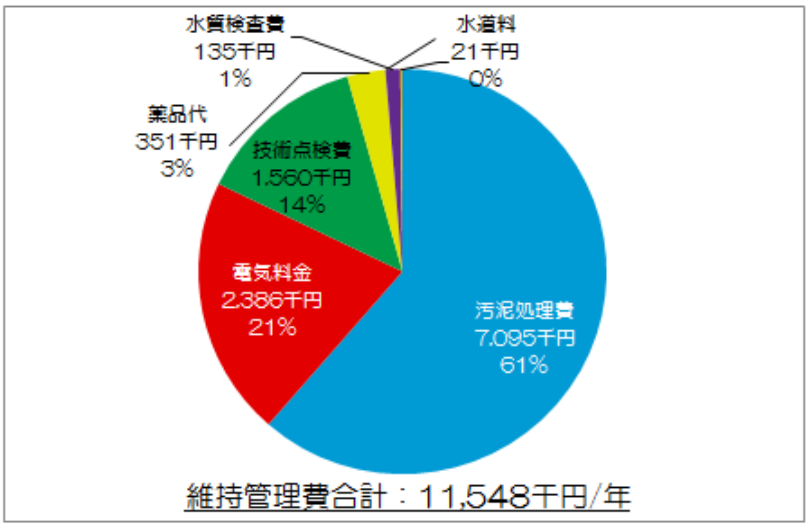


図 3.1　JARUS－III型、ＸⅠ型及びＸIV型における維持管理費の内訳

維持管理費の試算条件を**表 3.2** に示す。

この中で電気料金単価は、基本料金を 1,060 円／kW に、また使用料金は夏、その他の時期を問わずに 13 円／kWh で統一して算出した。

表 3.2　維持管理費の試算条件

処理方式	JARUS-Ⅲ型	JARUS-ＸⅠ型	JARUS-XIV型
処理対象人口等	1,000 人（１系列）	1,000 人（１系列・回分槽１槽）	1,000 人（１系列・ばっ気槽２室）
供用率	100%	100%	100%
汚泥処理単価	10,000 円／m^3		
電気料金単価	基本料金：1,060 円／kW 使用料金：　13 円／kWh		
水道料金単価	基本料金：1,100 円／月（基本使用量　10m^3／月） 使用料金：140 円／m^3（月使用量 15m^3／月）		
技術点検費	30,000 円／回（Ⅲ型は１回／２週、ＸⅠ型及びXIV型は１回／週）		
保安点検費	該当なし（なお、高圧受電の場合には 12,000 円／回・月を見込む。）		
薬品費単価	500 円／kg（ 次亜塩素酸カルシウム 注入量 5mg／L）		
水質検査費単価	BOD　：3,600 円／回･検体×1 回／月 SS　：1,800 円／回･検体×1 回／月 大腸菌群数：3,100 円／回･検体×1 回／6 ヶ月		

第４章　省エネ機器による省エネ技術

本章は、既設機器を省エネ機器に導入することで省エネを図る省エネ技術を取りまとめた。

なお、省エネ機器導入による省エネ効果等は各地区の実施事例の成果であり、省エネ効果は個々の施設条件（流入負荷、運転条件及び機器仕様）により異なってくる。

4.1　管路施設における高効率水中ポンプ

4.1.1　機器概要

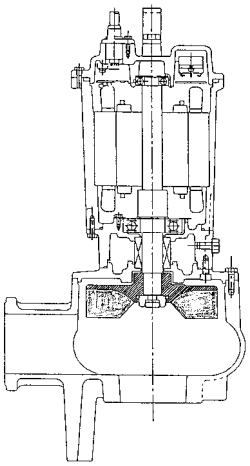
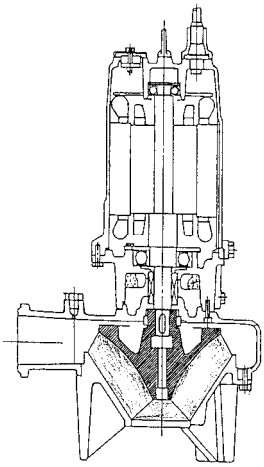
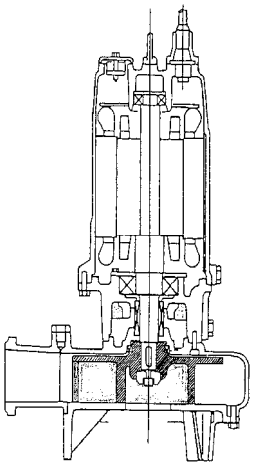
中継ポンプ施設に設置している水中汚水汚物ポンプを、ボルテックスタイプから高効率高通過の省エネタイプの水中汚水汚物ポンプに、変更して導入するものである。

【解説】

管路施設の一部である水中汚水汚物ポンプは、従来、異物による詰まりが懸念されるため、ボルテックスタイプが採用され、高揚程及び送水管延長が長い場合においては、スクリュータイプが使用されてきた。なお、農業集落排水で一般的に使用される水中汚水汚物ポンプの種類、特徴と羽根車の形状をそれぞれ**表 4.1.1** 及び**図 4.1.1** に示す。また近年では、異物通過性能が良く、効率性も高い省エネタイプのものが開発されてきている。

本技術ではポンプの特性、価格、維持管理費を勘案し、異物通過性向上に配慮された高効率型の水中汚水汚物ポンプを採用し、省エネ効果を確認するものである。

表 4.1.1　水中汚水汚物ポンプの種類別構造と特徴

種類／項目	ボルテックスタイプ	吸込スクリュータイプ	ノンクロッグタイプ
構造概要			
異物通過性	固形物・長尺な異物の通過性に優れている。	固形物の通過性は良い。	固形物の通過性は良い。
ポンプ性能	比較的低揚程に向いている。	比較的高揚程に向いている。	比較的中揚程に向いている。
維持管理性	詰り、絡みが少ないので管理が容易である	長尺な異物による絡みに注意が必要である。	長尺な異物による絡みに注意が必要である。

ボルテックスタイプ

吸込スクリュータイプ

ノンクロッグタイプ

図 4.1.1　羽根車の形状

4.1.2　導入条件及び適用方式

集落排水処理施設の管路施設での高効率水中ポンプへの導入は、新設や既設の更新でも適用が可能である。

【解説】

集落排水処理施設の管路施設での高効率水中ポンプへの導入は、新設や既設の更新でも適用できる。なお、既設の更新の場合、更新整備事業等により高効率ポンプを何台も導入することで、出力の減少により契約電力が変わり、電気料金の基本料金が減り、省エネではないが節約になる場合も想定される。但し、ポンプの動力変更に伴い、既設制御盤の改造が必要になることがある。

4.1.3　設計・施工における留意点

設計・施工における留意点は以下のとおりである。また、新設と既設の更新では前提条件が異なるので、注意が必要である。

（1）ポンプ口径とモータ出力の組み合わせ

（2）ポンプの性能曲線

（3）設置台数

【解説】

集落排水処理施設の管路施設での高効率水中ポンプへの導入の留意点は以下のとおりであるが、新設と既設の更新では前提条件（着脱装置の取替や既設制御盤改造等）は異なるので、注意が必要である。

（1）ポンプ口径とモータ出力の組み合わせ

ポンプ口径とモータ出力の組み合わせは**表 4.1.2** に示すように大別される。

なお､ポンプの型式選定については､汚水中に混入した夾雑物による閉塞防止等を考慮して、65mm以上を採用することを基本とする。ただし、グラインダポンプを一度通過した汚水のみが流入する場合においては、ポンプ口径 50mmを採用できるものとする。

表 4.1.2　ポンプ口径とモータ出力の組み合わせ

ポンプ口径(mm)	モータ出力(kW)	電源
50	0.4	三相３線 AC200V
50／65	0.75	
50／65／80	1.5	
65／80	2.2	
65／80／100	3.7	
65／80／100	5.5	
65／80／100	7.5	
100／150	11	
100／150	15	
100／150	22	

注：２台同時運転しても高圧受電とならないようにモータ出力は 22kW までとする。

（２）ポンプの性能曲線

ポンプ機種は、必要揚水量と揚程が分かっている場合、メーカーカタログの性能欄または性能曲線から比較的簡単に選定することができる。なお、性能曲線は参考値であり、メーカーにより多少の差異があるため設計時には確認が必要である。

（３）設置台数

中継ポンプ施設はグラインダポンプ施設と比べてポンプの口径・出力が大きく、同様に圧送する汚水量も多いので施設に異常が発生した場合、汚水の圧送不能による地域への影響が大きいことから２台設置型を基本とする。この場合、ポンプ１台に異常が発生しても残り１台のポンプのみで汚水圧送機能を代用する事が可能である。（単独交互運転方式）ただし、１台運転では対応が困難、あるいは想定できない流入量に備え、中継ポンプ槽の水位を下げる目的で２台運転としてもよい。（単独交互非常時並列運転方式）また、グラインダーポンプ施設の予備ポンプについては、システム全体の共通予備ポンプとして保有し、故障時において迅速に交換できるよう適切な場所（汚水処理施設内等）に保管しておくこともできる。なお、予備ポンプの台数については、維持管理体制、ポンプの設置総数等を考慮して決定するものとする。

4.1.4　維持管理における留意点

中継ポンプ施設については、長期間安定した機能を維持するため、巡回管理、定期点検等により計画的、効率的に維持管理を行う。また、ポンプの故障等の異常が発生した場合には、迅速かつ的確に対処する。

【解説】

中継ポンプ施設の維持管理は、巡回管理を基本に定期点検等を計画的、効率的に実施することにより、故障等の発生を未然に防止し、長期間安定した機能を維持する必要がある。また、万一の機器故障等の事故に対しては迅速に対応する必要がある。

参考文献：『農業集落排水施設設計指針　平成 19 年度改定版』第１０章　９．２　維持管理
頁 322～323

4.1.5　実証事例

（1）実証地区の概要

山口県萩市明木市地区は、処理対象人口 1,230 人の連続流入間欠ばっ気方式で平成 14 年から供用を開始した施設であり、現在の流入水量当たりの供用率は 91.5%程度となっている（**表 4.1.3**）。

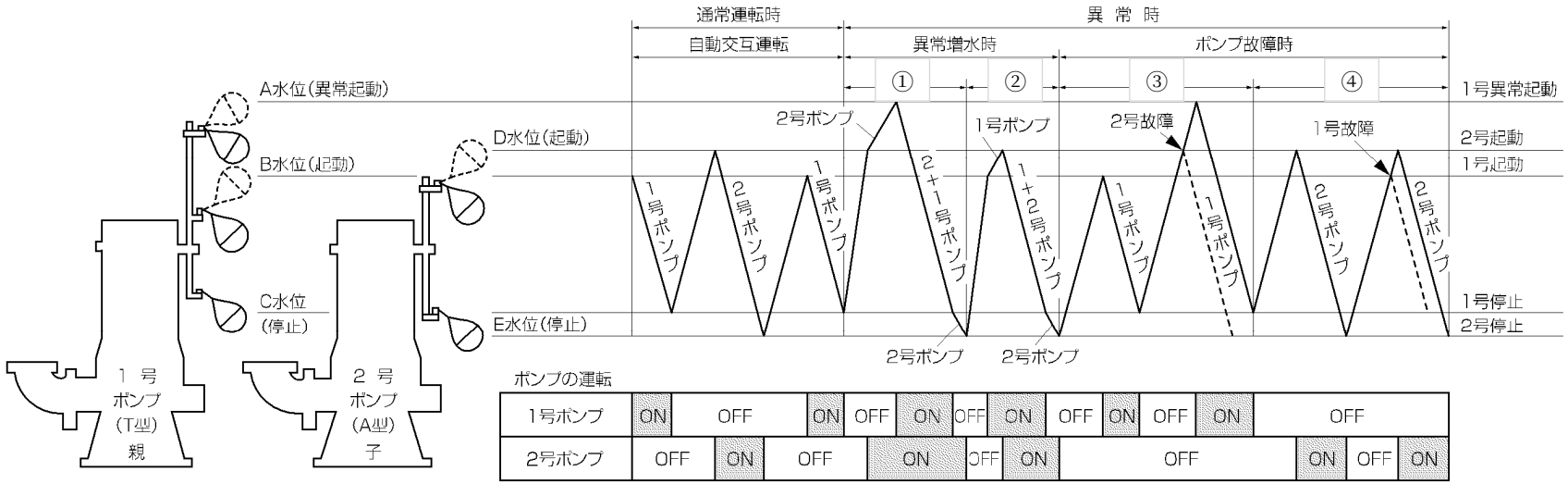
表 4.1.3　明木市地区の施設概要

県／市町村名	山口県／萩市
地区名	明木市地区
処理方式	XIV型
処理対象人口	1,230 人
計画流入汚水量	333m³／日
現状の供用率（%）	91.5%
系列数	1 系列
計画処理水質	ＢＯＤ　20mg／Ｌ ＳＳ　50mg／Ｌ Ｔ－Ｎ　15mg／Ｌ

既存の中継ポンプ施設は、異物による詰まりが懸念されることからボルテックス水中ポンプを採用している。また、ポンプの台数は 2 台で、運転状況は、2 台並列交互運転としている（**図 4.1.5** 参照）。

明木市地区の中継ポンプ施設の中で、着脱装置の互換性等、ポンプ取替工事が安価で手間なく行える施設を検討した結果、3 号マンホール（φ1,500）内にポンプを設置している「原 1 中継ポンプ場」のポンプ 2 台のうち 1 台を高効率水中ポンプに取替えて実証調査を行う事とした（**写真 4.1.1**）。

写真 4.1.1　原 1 中継ポンプ場　全景



通常運転時

１号ポンプは、Ｂ水位に達した時、起動する時と起動しない時を交互に繰り返し、２号ポンプに起動の機会を与える。

異　常　時

①　２号ポンプが運転中、異常増水でなおも水位が上がる時はＡ水位で１号ポンプも起動し、２台のポンプが並列運転して水位を下げる。

②　１号ポンプが運転中、異常増水でなおも水位が上がる時はＤ水位で２号ポンプも起動し、２台のポンプが並列運転して水位を下げる。

③　２号ポンプが故障した場合、１号ポンプがＢ水位とＡ水位で交互に起動、Ｃ水位で停止を繰り返す。

④　１号ポンプが故障した場合、２号ポンプがＤ水位で起動、Ｅ水位で停止を繰り返す。

図 4.1.5　並列交互運転型のポンプ作動（例）

（2）機器仕様及び運転条件

調査対象機器については、**表 4.1.4** に仕様を示す様に NO.1 ポンプについては現状のままの口径 80A の 5.5kW ボルテックス水中ポンプとし、NO.2 ポンプについては高効率水中ポンプとして口径 80A の異物通過性向上に配慮された 3.7kW 新タイプノンクロッグ水中ポンプへの取替を行った。

また、NO.2 ポンプの kW 変更に伴い制御盤内の制御機器（電流計、CT、SC、3E-Ry）についても取替を行った。

表 4.1.4　原 1 中継ポンプ仕様

箇所名	原1	
NO.		
製番		
既設型式	80DMV265.5	80DML263.7
台数（台）	1	1
吐出量（m3/min）	0.62	0.62
揚程（m）	13.1	13.1
回転数（min-1）	1,800	1,800
出力（kW）	5.5	3.7
着脱型式	LL-80	LL-80
マンホールサイズ	3号（φ1,500）	

中継ポンプは、マンホール内に 2 台並列置きとなっており、マンホール内に汚水が貯まり設定高さを超えるとポンプが起動し、1 台ずつ交互に汚水の吐出しを行っている。

調査は、既設のもの 1 台（NO.1）及び取替のもの 1 台（NO.2）にそれぞれ電力量計を設置し、データ収集を行った（**写真 4.1.2**）。

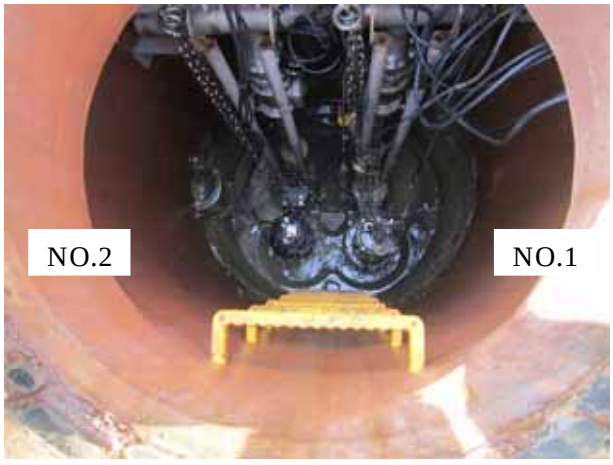


写真 4.1.2　マンホール内設置状況
（左が取替後の高効率水中ポンプ）

（3）使用電力量及び省エネ効果

高効率水中ポンプの導入前後における平均使用電力量の結果を**表 4.1.5**、電力量と電力量料金を**表 4.1.6** に示した。

導入前後での中継ポンプの使用電力量は、導入前が 12.6kWh／日、導入後で 8.0kWh／日であった。使用電力量料金での両者の差は①－②＝60 円／日となり、年間では 22,000 円／年程度の省エネ結果であった。

また、実証期間中において異物の詰まり等による異常は見られなかった。

表 4.1.5　省エネ効果の確認１

平均使用電力量

	春季	夏季	秋季	冬季	年平均
NO.1 ポンプ(kWh/日)	11.9	14.1	13.2	11.1	12.6
NO.2 ポンプ(kWh/日)	7.3	8.9	8.5	7.3	8.0

表 4.1.6　省エネ効果の確認２

明木市地区	導入前運転結果	導入後運転結果
中継ポンプ	NO.1	NO.2
平均使用電力量 （kWh／日）	12.6	8.0
平均使用電力量料金 （円／日）※	① 164	② 104
導入前後での使用電力量料金の 削減率 （①－②）／①（%）		37

※電力量料金単価を 13 円／ kWh として算出

（4）機器費及び維持管理費の試算

既設マンホールポンプに設置しているポンプ(ボルテックス水中ポンプ＜5.5kW＞)に代えて、本省エネ機器の高効率水中ポンプ（新タイプノンクロッグ水中ポンプ＜3.7kW＞）を導入した場合（１台の取替えのケース）の結果について**表 4.1.7** に示した。なお、今回のケースでは高効率水中ポンプのモータ動力が 3.7kW に低減したことにより年間の使用電力量料金が 22,000 円／台削減された。制御盤の改造も必要となったが、従来品を更新する場合とほぼ同等の費用となった。

以上から、本機器の費用対効果が見込まれることから、今後のマンホールポンプの更新時には高効率水中ポンプの導入の検討も必要と考える。

表 4.1.7　高効率水中ポンプへの更新費用対効果

No.	項　目	①　従来品のままの更新 ﾎﾞﾙﾃｯｸｽ水中ﾎﾟﾝﾌﾟ (5.5kW)	②　高効率水中ポンプでの更新 新ﾀｲﾌﾟﾉﾝｸﾛｯｸﾞ水中ﾎﾟﾝﾌﾟ (3.7kW)
1	※機器費　(円)	1,411,000	1,320,000
2	※据付工事　(円)	89,700	72,300
3	※制御盤改造費　(円)	0	88,900
4	※諸経費　(円)	149,300	118,800
5	合　計　(円)	1,650,000	1,600,000
6	１年間の使用電力量料金の差（①－②）(円／年)	22,000	

※上記表は、一例であり個別に見積をとり、比較検討が必要である。

4.2　真空管路施設における吸気弁

4.2.1　機器概要

真空管路における自動吸気弁(装置)は、強制的にエアロックを解除し、真空度を回復させる装置でありその設置にあたっては設置場所の管路条件、汚水流量、到着真空度などを考慮し、その効果を十分に発揮できるように留意する。

【解説】

リフト前後などの真空下水管の一部でエアロックが生じることにより上流側に真空度が到着しづらくなる場合がある。吸気弁(装置)は、このような真空下水管のエアロックの生じやすい場所に設置を検討する。

自動吸気弁(装置)は、**図 4.2.1** のように、真空下水管路の真空圧を受けるダイヤフラムと，それに連動して作動する弁体と，ダイヤフラムに反力を付与するスプリングとから構成される。

あらかじめ設定した圧力まで真空下水管内の真空度が低下した場合，弁が自動的に開き，空気を真空下水管内に吸引する。吸引された空気は真空下水管内で気液混相流を作り汚水を搬送するとともに，エアロックを解除する。エアロックが解除されると下流側の高い真空度が自動吸気装置に到達し，弁が閉じ空気の吸引が止まる。装置のスプリングに付与される力をスピンドルで調整することによって，その開作動真空度を調整可能である。

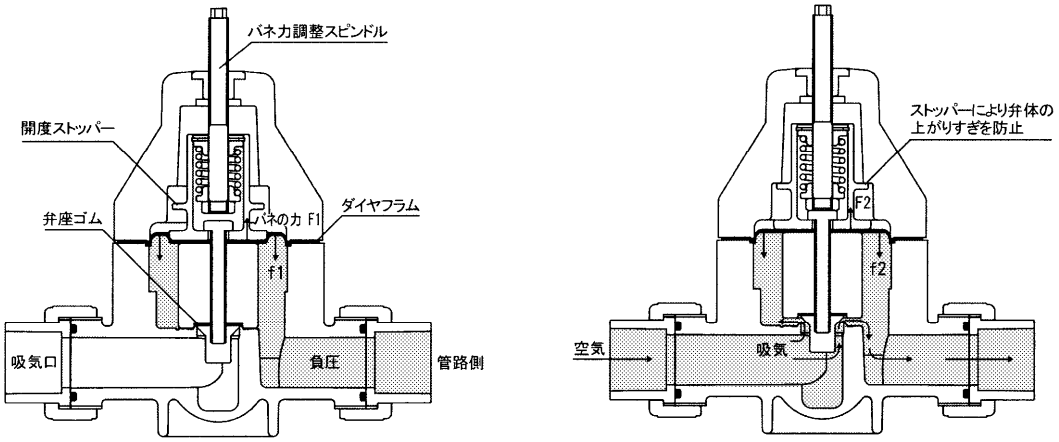


図 4.2.1　自動吸気弁(装置)の作動

4.2.2　導入条件及び適用方式

自動吸気弁(装置)は、真空管路の障害物横断システムのほか、管路における補助的な空気の補給を目的とした場合に用いることができる。

【解説】

自動吸気弁(装置)は、真空管路の障害物横断システムのほか、管路における補助的な空気の補給を目的とした下記の場合に用いることができる。

① 管路末端で設計真空度が低いためにエアロックを生じやすいところ
② 短時間に大流量（設計許容内）の汚水流入が見込まれる真空弁ユニット
③ 真空弁ユニット数が少ない、又は供用率が低いなど、管路の途中の真空弁ユニットから空気吸引が少なく、エアロックが生じやすい本管・枝管
④ 1.5m以上の高リフトとなる接続管
「原則として接続管のリフト高さの上限は 1.5mであるが、自動吸気装置と組み合わせた場合，3mのリフトを接続管に設計することが可能である。ただし真空弁ユニットへの流入汚水量は 120Ｌ／分以内とする。」

また、自動吸気弁(装置)の設定作動真空度は、任意に設定可能であるが、原則として、**図 4.2.2** の１）のように多段リフト最下流部の設計真空度よりも、5kＰa 低めの設定とする。

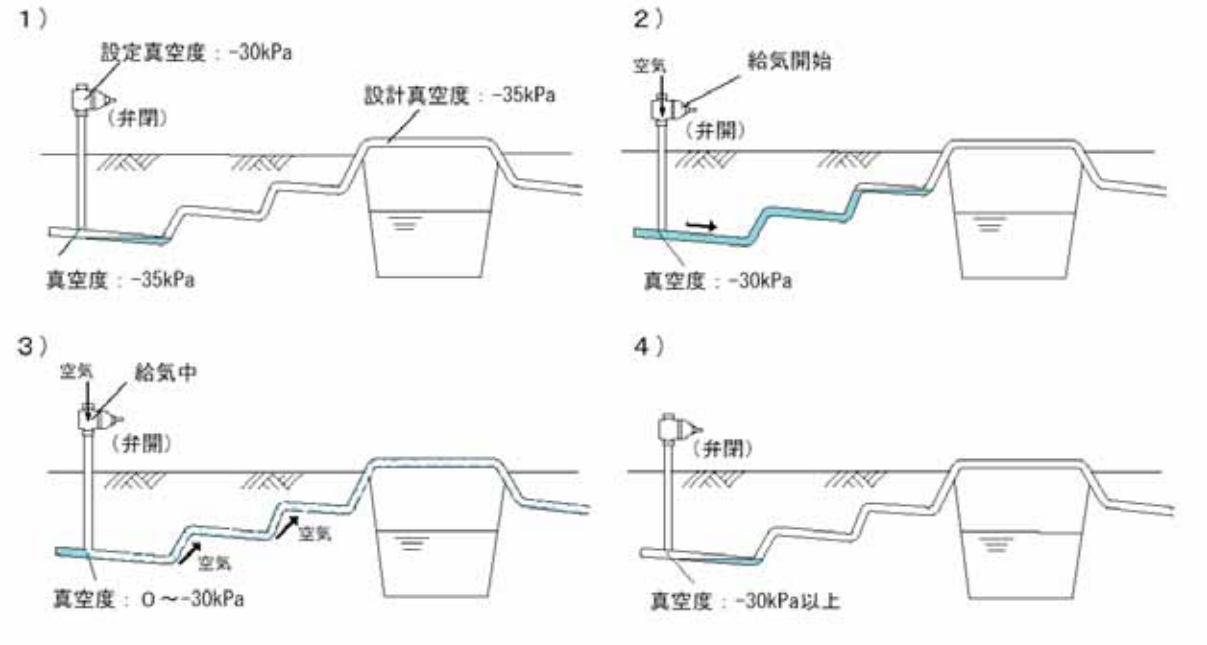


図 4.2.2　自動吸気弁(装置)の作動模式図（例）

自動吸気弁(装置)は、**図 4.2.2** の２）のように管路がエアロックしはじめ真空度が設定作動真空度に下がると作動し、管路に給気を行う。**図 4.2.2** の３）のように、給気で管内の真空度は下がり、空気が多段リフトのエアロックを解除する。エアロックが解除されると、多段リフト下流側の高い真空度により真空度が回復し**図 4.2.2** の４）のように自動吸気弁(装置)が停止する。この時、吸気弁(装置)の設置箇所の真空度は、**図 4.2.2** の４）のように設定真空度よりも高い真空度となる。その後再び汚水が流れ込み、多段リフト部にエアロックが発生したとしても、真空管路内が吸気弁(装置)の設定真空度よりも高い真空度を保った状態では自動吸気装置は作動せず、再び**図 4.2.2** の２）のように設定真空度（－30ｋＰａ）まで下がると、自動吸気弁(装置)が作動してエアロックを解除する。

図 4.2.3 は、実際の供用現場において、多段リフトのある管路の末端真空弁ユニットに自動吸気弁(装置)を取り付け、ユニットから清水を流入させて自動吸気弁(装置)の作動の様子を実際の圧力測定グラフで示したものである。これを、**図 4.2.3** の模式図にあてはめると、１）の状態から徐々にエアロックが発生して真空度が下がり、２）で作動設定真空度に達して吸気が始まり、エアロックの解除とともに真空度が上がってくる。４）で自動吸気弁(装置)が閉止するまでの３）の区間が給気時間となる。

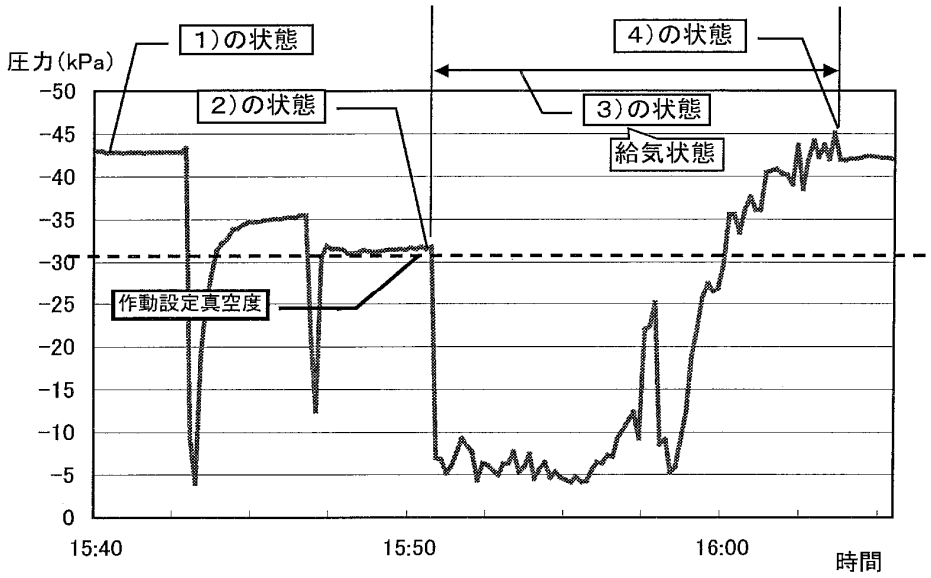


図 4.2.3　自動吸気弁(装置)の作動時の圧力変化

4.2.3　設計・施工における留意点

設計・施工における留意点は以下のとおりである。
・真空式管路システムメーカーの専門技術者の指導のもと実施するものとする。
・施工管理方法は『農業集落排水施設施工管理指標』参照

【解説】

真空式管路施設の施工については、真空式管路システムメーカーの専門技術者の指導のもと実施するものとする。

参考文献：『農業集落排水施設設計指針　平成 19 年度改定版』第９章　９．８　施工
頁 217、227

4.2.4　維持管理における留意点

維持管理は、真空式管路システムメーカーの専門技術者の指導のもと実施するものとする。

【解説】

真空式管路施設の維持管理については、真空式管路システムメーカーの専門技術者の指導のもと実施するものとする。

参考文献：『農業集落排水施設設計指針　平成 19 年度改定版』第９章　９．９　維持管理
頁 228～238

また、自動吸気弁(装置)の保守点検については、電気を使わず、真空圧と大気圧の差圧のみで開閉するため、保守点検としては真空弁同様、部材のメンテナンスを行う。交換部品はゴム製のダイヤフラム、弁座ゴムとなり交換・更新頻度は真空弁に準拠する。

4.2.5　実証事例

（1）実証地区の概要

徳島県佐那河内村に位置する嵯峨（さが）地区は、処理対象人口 750 人の連続流入間欠ばっ気方式で平成 12 年から供用を開始した施設（**写真 4.2.1**）であり、現在の流入水量当たりの供用率は 65.0%程度となっている（**表 4.2.1**）。

表 4.2.1　嵯峨地区の施設概要

県／市町村名	徳島県／佐那河内村
地区名	嵯峨地区
処理方式	JARUS－XIV$_{96}$型
処理対象人口	750 人
計画流入汚水量	203m^3／日
現状の供用率（%）	65.0%
系列数	１系列
計画処理水質	ＢＯＤ　20mg／Ｌ ＳＳ　50mg／Ｌ Ｔ－Ｎ　15mg／Ｌ

嵯峨地区処理場　全景

真空ポンプ状況

集水タンク状況

写真 4.2.1　実証地区の全景及び真空ステーション設備

（2）機器仕様及び運転条件

既設の真空弁マスに自動吸気弁（写真 4.2.2 参照）を設置することにより真空ステーションに設置された真空ポンプの運転時間及び運転回数を減ずることで電力量の削減を目指した省エネ効果を確認する。

処理場内に設置された真空ポンプ 3 台においてそれぞれの電力量計データ収集を、導入後調査として真空管路に自動吸気弁を設置した場合の電力量計データの収集を行う。なお、調査対象機器である真空ポンプの仕様は下記のとおりである。

表 4.2.2　真空ポンプの仕様

箇所名	仕様
型式	液封式
口径	50mm
数量	3 台
吸込圧力	min　6.0　kPa
吸込量	max　3.8m³/min
回転速度	1750　min-1
原動機容量	7.5kW

真空ポンプの運転状況は、3 台の真空ポンプのうち 2 台同時に交互運転を行っている状況で、管路施設では、平成 25 年 3 月に自動吸気弁を 2 箇所設置した状況である。そこで自動吸気弁設置前後における 3 台の真空ポンプそれぞれの電力量を測定し、省エネ効果を確認することとした。

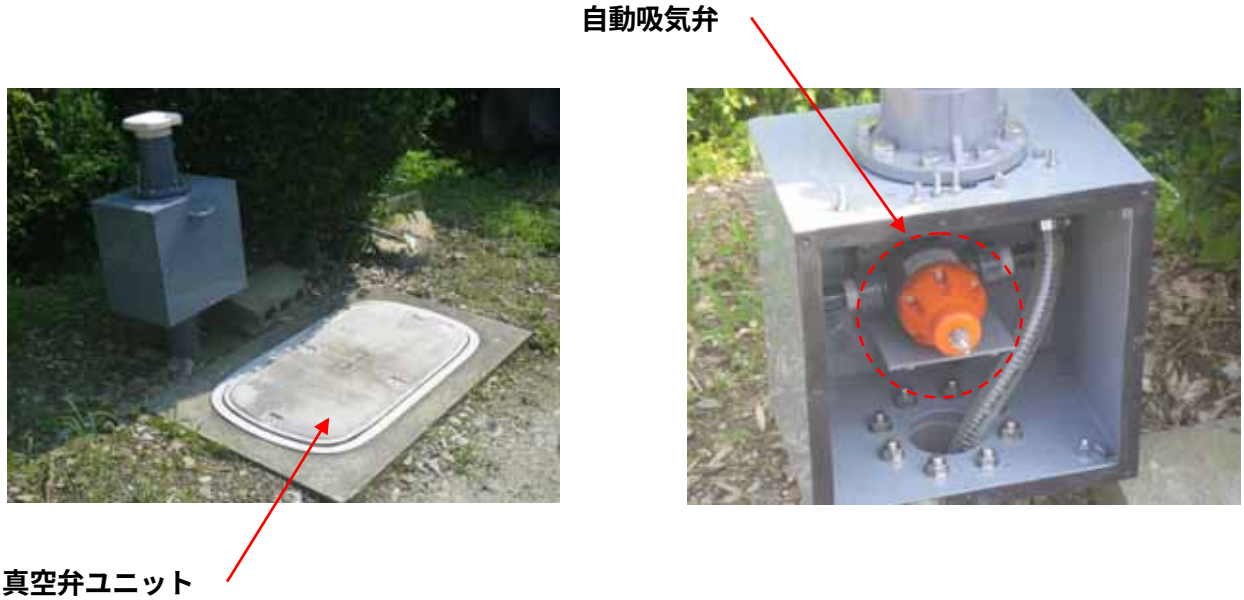


写真 4.2.2　自動吸気弁設置　状況写真

（3）使用電力量及び省エネ効果

自動吸気弁導入前後の真空ポンプ毎の電力量と電力量料金を**表 4.2.3** に示した。

導入前後での真空ポンプの使用電力量（3 台合計）で導入前が 89.24kWh／日、導入後で 53.19 kWh／日であり、使用電力量料金での両者の差は①－②＝469 円／日となり、年間では 171,185 円／年程度の省エネ効果であった。

表 4.2.3　省エネ効果確認

嵯峨地区	導入前運転結果				導入後運転結果			
実施期間	H25 年 1 月 16 日～2 月 24 日				H25 年 7 月 1 日～9 月 26 日			
真空ポンプ	NO.1	NO.2	NO.3	3 台合計	NO.1	NO.2	NO.3	3 台合計
平均使用電力量（kWh／日）	32.84	36.35	20.05	89.24	16.17	18.56	18.46	53.19
平均使用電力量料金（円／日）※				① 1,160				② 691
導入前後での使用電力量料金の削減率 (①-②)／①(%)								40
備考	1 日当たりの削減額　469 円／日　　469 円×365 日＝171,185 円							

※電力量料金単価を 13 円/ kWh として算出

（4）機器費及び維持管理費の試算

今回の事業においては、自動吸気弁を 2 箇所追加し、工事費は 1 箇所当り約 700 千円であった。電気料金が年間 172 千円削減されることを考慮すると、単純に設置後 8 年間で投資額が回収できることとなる。

4.3　微細気泡ディフューザ

4.3.1　機器概要

浮遊生物法における生物反応槽のばっ気と撹拌を行う一体型のばっ気撹拌装置の代わりに、微細気泡ディフューザと機械式撹拌装置（水中ミキサー）を併用して導入するものである。

【解説】

浮遊生物法における生物反応槽には、槽内の微生物に酸素を供給するとともに流入汚水と活性汚泥を十分に接触させるために、ばっ気及び撹拌を行うための装置が必要である。

生物反応槽のばっ気及び撹拌を行うための装置としては、従来は一体型装置（以下「ばっ気撹拌装置」という。）が多く採用されてきた。

本技術では生物反応槽のばっ気と撹拌を行うばっ気撹拌装置の代わりに、酸素溶解効率の高い微細気泡ディフューザと機械式撹拌装置（水中ミキサー）を併用することにより、省エネ運転を行うものである（**図 4.3.1**）。

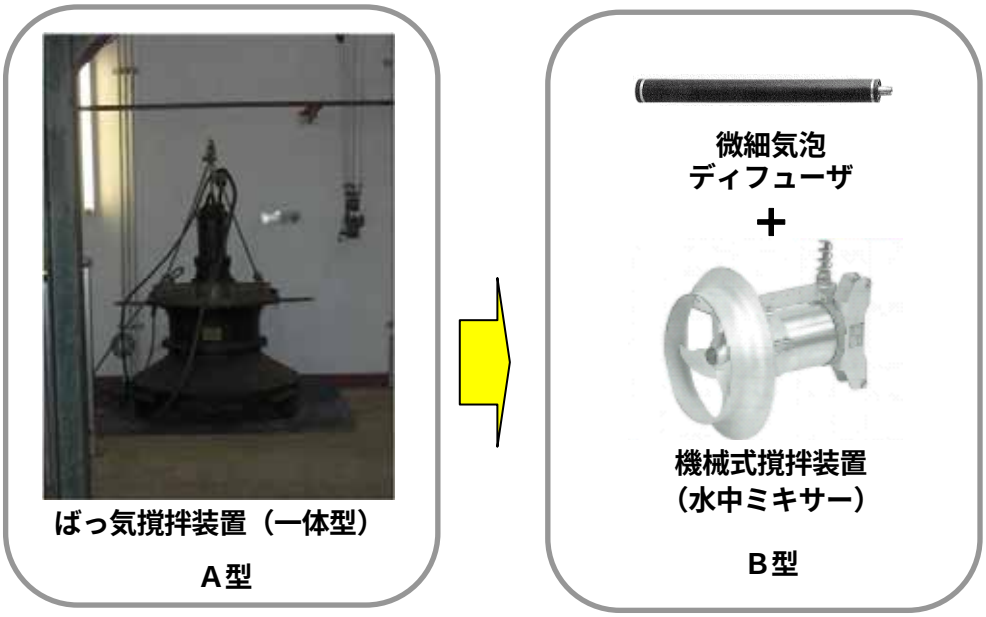


図 4.3.1　生物反応槽のばっ気と撹拌を行う装置

A型：一体型のばっ気撹拌装置を用いて、ばっ気と撹拌を行う方式

B型：微細気泡ディフューザと機械撹拌装置を併用して、ばっ気と撹拌を行う方式

従来は、A型のばっ気撹拌装置を採用する事例が多数であったが、ばっ気撹拌装置は所要動力が大きく維持管理費（電力料）が高額であること、かつ、補修費が高額であることが課題とされていた。また、ばっ気撹拌装置の予備機がない場合は、ばっ気撹拌装置のオーバーホール期間中の運転方法についても検討が必要である。

このばっ気撹拌装置の代わりに、B型の酸素溶解効率の高い微細気泡ディフューザと水中ミキサーを併用した方式を採用することにより、ばっ気ブロワの動力を軽減でき、維持管理費（電気料）を縮減することが可能となる。さらに、ばっ気撹拌装置と比較して、微細気泡ディフューザと水中

ミキサーの補修費が安価であることから、補修費も縮減できると見込まれる。

4.3.2 導入条件及び適用方式

微細気泡ディフューザ＋水中ミキサーは、従来のばっ気撹拌装置の代わりに以下の方式に導入され、新設や既設の改修でも適用が可能である。

回分式活性汚泥方式の回分槽

連続流入間欠ばっ気方式のばっ気槽（ⅩⅣG 型、ⅩⅣGP 型、ⅩⅣR型を除く）

【解説】

微細気泡ディフューザ＋水中ミキサーは、回分式活性汚泥方式の回分槽及び連続流入間欠ばっ気方式のばっ気槽における従前のばっ気撹拌装置に代えて適用することが可能である。

適用できる JARUS 型は、以下の型式である。

○ 回分式活性汚泥方式　　（JARUS-ⅩⅠ96 型、ⅩⅡ96 型、ⅩⅡG 型、ⅩⅡH 型）

○ 連続流入間欠ばっ気方式（JARUS-ⅩⅣ96 型、ⅩⅣp 型、ⅩⅣp1 型、ⅩⅣH 型、ⅩⅤ型）

なお、生物反応槽のばっ気及び撹拌を微細気泡ディフューザのみ（ミキサーを設置しない）で行う連続流入間欠ばっ気方式（ⅩⅣG 型、ⅩⅣGP 型、ⅩⅣR型）が開発されているが、今回の適用対象ではない。

4.3.3 設計・施工における留意点

設計・施工における留意点は以下のとおりである。また、新設と既設の改修（ばっ気撹拌装置の入替え）では前提条件が異なるので、注意が必要である。

（1）生物反応槽の平面形状

（2）微細気泡ディフューザの配置位置

（3）微細気泡ディフューザの選定

（4）水槽上部のスラブ開口

（5）微細気泡ディフューザの据付

【解説】

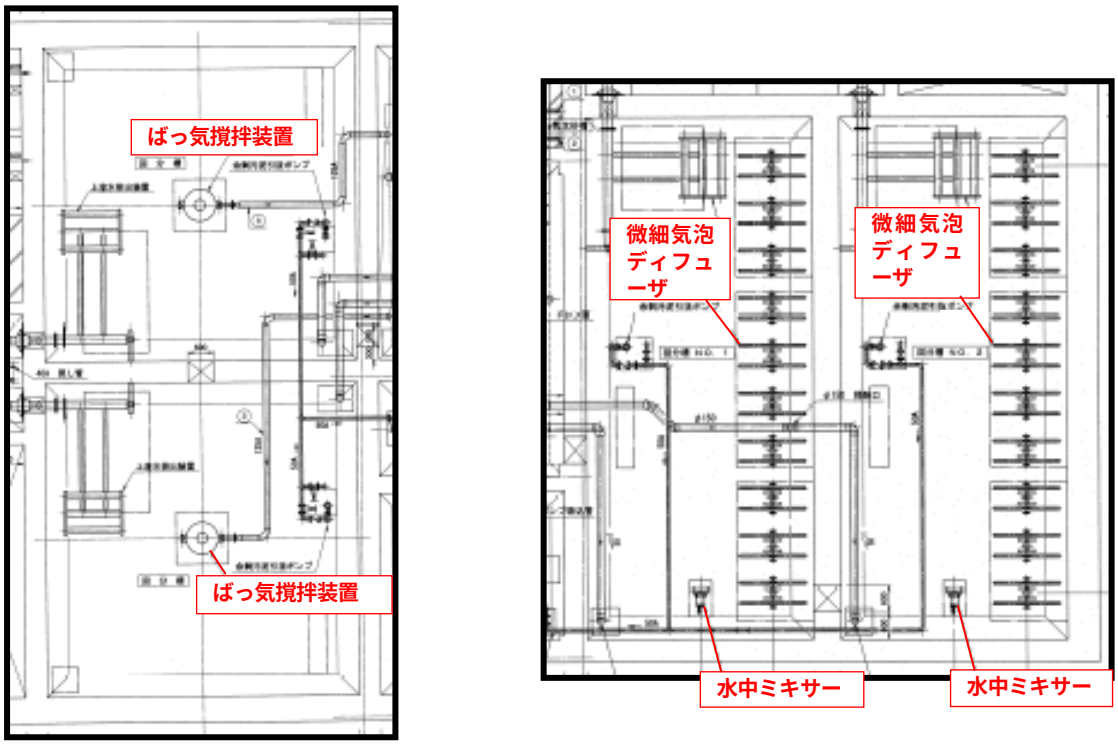
生物反応槽のばっ気及び撹拌に微細気泡ディフューザと水中ミキサーを用いる場合の留意点は以下のとおりであるが、新設と既設の改修（ばっ気撹拌装置の入替え）では前提条件（水槽形状やスラブ開口の位置）は異なるので、注意が必要である。

（1）生物反応槽の平面形状

生物反応槽の平面形状は、回分式活性汚泥方式と連続流入間欠ばっ気方式とでは、設計指針に記載されている条件が異なるので注意が必要である。

回分式活性汚泥方式及び連続流入間欠ばっ気方式の場合

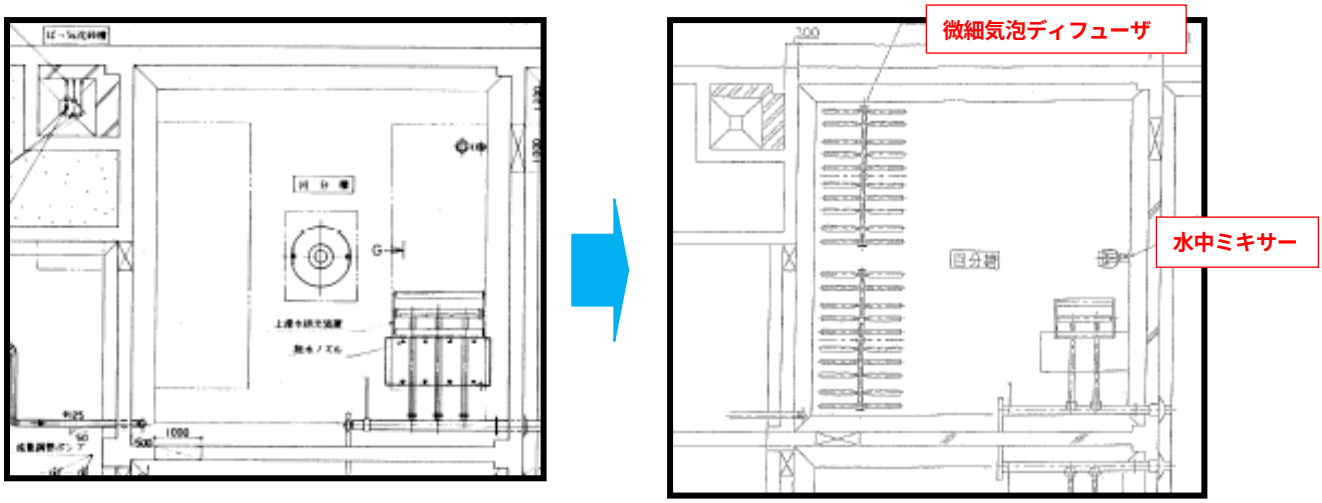
均等な槽内汚水の撹拌とばっ気を図る観点から、原則としてばっ気撹拌装置を用いる場合には、正方形又は、できるだけ正方形に近い矩形とするが、微細気泡ディフューザと水中ミキサーを用いる場合（**図 4.3.2** 及び**図 4.3.3** を参照）には、水深に対しての横幅の寸法比等の規定はないが、槽内の撹拌が十分なされることを確認・検討する必要がある。



一体型のばっ気撹拌装置を採用した例　　微細気泡ディフューザと水中ミキサーを採用した例

図 4.3.2　回分槽における「ばっ気撹拌装置」及び「微細気泡ディフューザと水中ミキサー」の配置例

また、既存の回分槽のばっ気撹拌装置を撤去し、替わりに微細気泡ディフューザと水中ミキサーを設置するような改修を行った事例を以下に示す。



改造前（ばっ気撹拌装置）　　改造後（微細気泡ディフューザと水中ミキサー）

図 4.3.3　「ばっ気撹拌装置」から「微細気泡ディフューザと水中ミキサー」への改修例

（2）微細気泡ディフューザの配置位置

微細気泡ディフューザは、生物反応槽内に良好な旋回流を生じさせる必要があるので、原則として槽底部より 60cm 程度高い位置に配置し、微細気泡ディフューザ同士の設置間隔については 60cm 以下を標準とする。

また、メンテナンス時等の引き上げを考慮して、上部に障害物がないようにするとともに、吊り金具の設置や、散気管の途中にフランジ等を設けて分解できるようにしておくなど、微細気泡ディフューザの引き揚げ作業を容易に行えるように配慮する必要がある。

また、１本の散気管に多数の微細気泡ディフューザをつけると、メンテナンスを行う際に水槽から引き揚げる作業が難しくなるので、散気管１本あたりの微細気泡ディフューザを２～４本にグループ分けして配置することが望ましい。グループ分けすることにより、１つのグループをメンテナンスしている間は、他のグループで運転を継続することも可能となる。

なお、回分方式や連続流入間欠ばっ気方式（XⅣG 型、XⅣGP 型、XⅣR型を除く）のばっ気撹拌装置は槽内の中央部に設置されており、この機器の開口に併せてスラブ上部の梁が作られている。したがって、ばっ気撹拌装置を微細気泡ディフューザと水中ミキサーに置き換える改修を行う場合には、梁の位置や槽内で最適な旋回流となる微細気泡ディフューザの設置位置を十分に検討する必要がある。

（3）微細気泡ディフューザの選定

微細気泡ディフューザは、間欠ばっ気運転を行っても閉塞が生じにくいものを選定する必要がある。また、微細気泡ディフューザの酸素溶解効率は、散気水深が大きいほど、微細気泡ディフューザ１基あたりの送気量が少ないほど高くなる。全体の送気量が同じであれば微細気泡ディフューザの数が多くなると、微細気泡ディフューザ１基あたりの送気量が減少するため溶解効率は高くなる。

微細気泡ディフューザの溶解効率、散気水深、送気量の関係を示した「酸素溶解効率曲線」が、メーカーのカタログや技術資料等に提示されている。カタログ事例を**図 4.3.5** に示す。この酸素溶解効率曲線から､必要送気量と溶解効率から微細気泡ディフューザの本数を決定する。

なお、散気水深とは微細気泡ディフューザの設置されている箇所の水深のことで、水槽の有効水深のことではないので注意する。

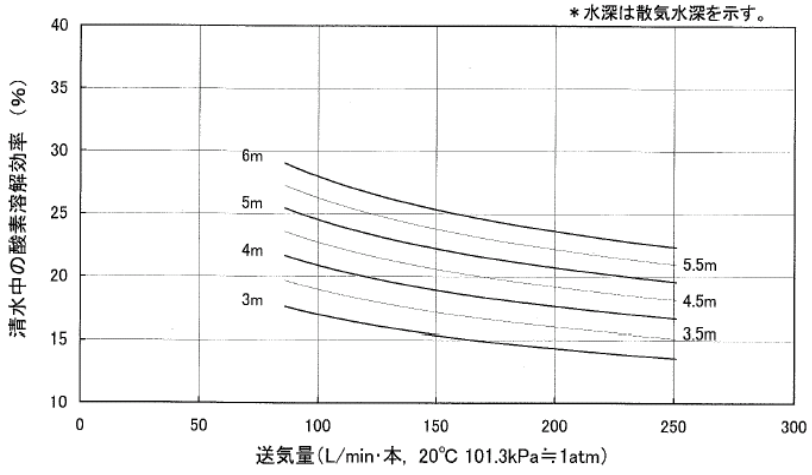


図 4.3.4　微細気泡ディフューザの酸素溶解効率の事例

（4）水槽上部のスラブ開口

ばっ気撹拌装置、微細気泡ディフューザ、水中ミキサーには、それぞれメンテナンス時等に水槽から引き揚げるための開口が必要であるが、当然設置場所によって開口の位置も異なってくる。

したがって、既設の改修時に従前のばっ気撹拌装置を微細気泡ディフューザと水中ミキサーを組み合わせたものへ変更する場合には、適切な位置に開口がない場合が多い。この場合は、新たに開口を設置する必要があり、スラブ構造及び梁の位置等も含めて慎重に検討する必要がある。

（5）微細気泡ディフューザの据付

全ての微細気泡ディフューザから均等に微細気泡を散気させるためには、微細気泡ディフューザの据付精度が重要である。据付精度が悪いと、散気水深の浅い微細気泡ディフューザからの散気量が多くなるため、槽内のばっ気・撹拌が不均一となり、処理性能に悪影響を及ぼす懸念がある。

微細気泡ディフューザの据付精度は、散気管の据付精度が重要であり、加えて微細気泡ディフューザ根元のエルボの向きが揃っていない場合は、散気管を固定してレベル調整を行う必要がある。

いずれにしても施設の供用開始以降の調整が難しいので、施工時に十分調整しておくことが重要である。

4.3.4　維持管理における留意点

維持管理における留意点は以下のとおりである。

（1）微細気泡ディフューザの保守・点検時の確認

（2）微細気泡ディフューザの適正な空気量

（3）流入汚水中の砂の除去

（4）水中ミキサーの潤滑油の交換

【解説】

維持管理における留意点は以下のとおりである。

（1）微細気泡ディフューザの保守・点検時の確認

微細気泡ディフューザは、目詰まりした場合の清掃、メンブレンゴムの交換などのために、定期的に水槽から引き揚げる必要がある。

巡回点検において、水槽上部から目視で、各微細気泡ディフューザから均等に散気されているのかを確認する。均等に散気されていないと、槽内に良好な旋回流を起こすことができず、処理性能にも支障をきたす恐れがある。

目視でばっ気強度が小さい箇所が判別できるようであれば、一旦運転を停止して、散気管のバルブの開閉により、部分的に風量を増やして再度運転してみることが考えられる。それでも解決されない場合は、ばっ気強度の小さい部分の微細気泡ディフューザが目詰まりしている可能性があるので、微細気泡ディフューザを引き揚げて清掃、もしくは交換を行う必要がある。

（2）微細気泡ディフューザの適正な空気量

各微細気泡ディフューザは１本当たりの適正な空気量が製品毎に決まっており、その空気量内での適用を図る必要がある。

微細気泡ディフューザにはメンブレンゴムが使用されているものが多いが、メンブレンゴムの寿命は、微細気泡ディフューザ１基あたりの散気風量が多いほど短くなる。そのため、処理水質や生物反応槽の DO を管理指標として適切な空気量でのばっ気を行い、過大な空気量でのばっ気は極力避けるようにする。

（3）流入汚水中の砂の除去

メンブレンゴムの摩耗劣化を防ぐためには､流入汚水中の砂の混入を極力避ける必要がある。そのため、前処理設備のばっ気沈砂槽、排砂槽等の適切な管理が必要である。

（4）水中ミキサーの潤滑油の交換

水中ミキサーは半年から１年ごとに潤滑油の交換が必要である。これを怠ると、突然故障して運転に支障をきたすことがあるので注意する必要がある。

4.3.5　実証事例

(1) 実証地区の概要

茨城県美浦村信太地区は、処理対象人口 1,730 人の回分方式＋高度処理設備（現在は運転していない。)の方式で平成５年から供用を開始した施設であり、現在の流入水量当たりの供用率は 57.5%程度となっている。

同地区の施設概要を**表 4.3.1** に、また、施設の回分槽と回分槽コントロールユニットを**写真 4.3.1～4.3.2** に示した。なお、回分槽コントロールユニットは、回分槽での運転条件の変更に使用した。

表 4.3.1　美浦村信太地区の施設概要

市町村名	茨城県美浦村
地区名	信太地区
処理方式	ＸⅡ型+高度処理施設
処理対象人口	1,730人
計画流入汚水量	468m3／日
現状の供用率(%)	57.50%
系列数	1系列
計画処理水質	BOD　10mg/L SS　15mg/L T-N　15mg/L T-P　2mg/L

写真 4.3.1　回分槽の全景

写真 4.3.2　回分槽コントロールユニット

（2）機器仕様及び運転条件例

「微細気泡ディフューザ＋水中ミキサー」と「ばっ気撹拌装置」の動力（電力量）比較により、回分方式での両者の省エネ効果を確認するものである。

なお、今回の実証では水中ミキサーは稼動させなくとも処理水質への影響が少なかったため、水中ミキサーは停止して調査を行った。

ばっ気ブロワはタイマ自動運転であり、NO.１回分槽の微細気泡ディフューザ及びNO.２回分槽のばっ気撹拌装置には同一のばっ気ブロワで通気がなされた。微細気泡ディフューザとばっ気撹拌装置の仕様等を**表 4.3.2** に示した。

表 4.3.2　微細気泡ディフューザとばっ気撹拌装置の仕様等

<table>
<tr><td>回分
槽NO</td><td>NO.１（微細気泡ディフューザ側）</td><td>NO.２（ばっ気撹拌装置側）</td></tr>
<tr><td>ばっ気
・撹拌</td><td>①微細気泡ディフューザ
130Ｌ／分・本
酸素溶解効率：23%以上

②水中ミキサー
200Ｖ×2.8ｋｗ
×50Hz
 </td><td>ばっ気撹拌装置
200Ｖ×22.5Ａ×1,445rpm×5.5ｋＷ×
１台
 </td></tr>
<tr><td>ばっ気
ブロワ</td><td colspan="2">ルーツブロワ　　200Ｖ×　45Ａ×1,100rpm×11ｋＷ×３台（内１台予備）
吐出圧 0.55kg/ｃｍ^2、吐出量 4.5m^3／min
 </td></tr>
</table>

回分槽 NO.1 と NO.2 の１サイクル（６時間）当たりの運転条件を**図 4.3.5** に示した。微細気泡ディフューザの１サイクル当たりの稼動時間は１時間であり、一方、ばっ気撹拌装置の稼働時間は４時間であった。

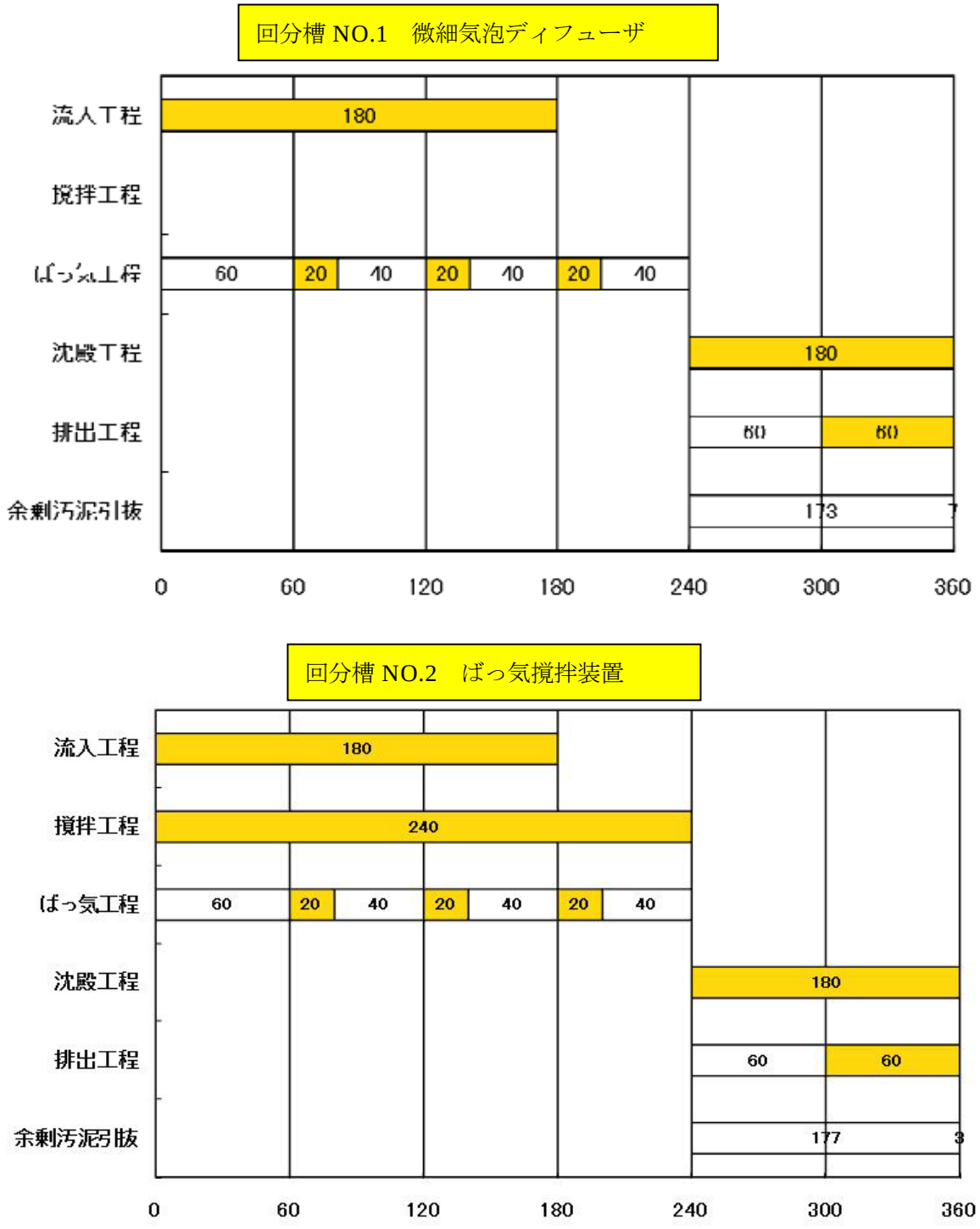


図 4.3.5　回分槽 NO.1 及び NO.2 の運転条件

(3) 使用電力量及び省エネ効果例

回分槽 NO.1 の微細気泡ディフューザと回分槽 NO.2 のばっ気撹拌装置の使用電力量と電力量料金の比較を**表 4.3.3** と**表 4.3.4** に示した。

微細気泡ディフューザの 1 サイクルでの運転時間に変更はなく、ばっ気ブロワの使用電力量は変わらない。一方、ばっ気撹拌装置のばっ気時間が 11 月以降 60 分から 45 分に減少した分、ばっ気ブロワの使用電力量は減少した。

電力量料金で比較すると、339 千円／年の省エネ効果が得られている。なお、電力量料金単価は 13 円／kWh で試算した。

(1,476－546) 円/日×365 日／年＝339,000 円／年

表 4.3.3　微細気ディフューザとばっ気撹拌装置の使用電力量

H24年度	導入前 (ばっ気撹拌装置)			導入後 (微細気泡ディフューザ)
	①　ばっ気ブロワ (NO.1 or NO.2) 使用電力量 (kWh/日)	② ばっ気撹拌装置 使用電力量 (kWh/日)	③ 合計　(①＋②) 使用電力量 (kWh/日)	④　ばっ気ブロワ (NO.1 or NO.2) 使用電力量 (kWh/日)
8月	38.0	79.5	117.5	41.1
9月	38.4	79.8	118.2	41.8
10月	38.9	80.4	119.3	42.2
11月	29.5	80.1	109.6	42.2
12月	29.0	79.6	108.6	42.8
1月	29.1	79.6	108.7	42.1
平均	33.8	79.8	113.7	42.0
備考	回分槽NO.2での11～1月のばっ気時間は60分/1サイクルから45分/1サイクルに下げられたため使用電力量も小さい。			

表 4.3.3　ばっ気撹拌装置と微細気ディフューザの使用電力量料金の比較

H24年度	導入前条件 回分槽NO.2 (ばっ気撹拌装置)			導入後条件 回分槽No.1 (微細気泡ディフューザ)
	①　ばっ気ﾌﾞﾛﾜ (NO.1 or NO.2)	② ばっ気 撹拌装置	③ 合計 (①＋②)	④　ばっ気ﾌﾞﾛﾜ (NO.1 or NO.2)
平均使用電力量 (kWh/日)	33.8	79.8	113.6	42.0
平均使用電力量 料金 (円/日)	439	1,037	1,476	546
導入前後での使用電力料金の削減率 (③－④) ／③ (%)				63
備考	回分槽NO.2での11～1月のばっ気ﾌﾞﾛﾜのばっ気時間は、60分/1サイクルから45分/1サイクルに下げられたため使用電力量も小さい。			

※ 電力量料金単価を 13 円/kWh として算出

（4）機器費及び維持管理費の試算例

回分方式においてばっ気撹拌装置の代わりに本機器の微細気泡ディフューザと水中ミキサーを導入した場合について、工事費、補修費及び電力量料金を試算し、15 年間に要する参考のトータルコスト（＝工事費＋補修費＋電力量料金）を比較した（**図 4.3.6**）。なお、下記の価格は参考価格であり、機器仕様や運転条件等を定めてコスト試算を行う必要がある。

電力量料金は今回の実証地区で得られた運転条件を基に求めた。なお、水中ミキサーの運転条件をブロワ稼動時以外は水中ミキサーが稼動する運転条件（12 時間稼動／日）で求めた。

微細気泡ディフューザとミキサー（攪拌機）の費用は、ばっ気撹拌装置と比較して工事費は約 2,320 千円増加するが、補修費（オーバーホール費）は 15 年間で約 11,480 千円減、また、電力量料金は 15 年間で 3,750 千円減となり、15 年間で 12,911 千円のコスト低減が図れる。これにより本機器の導入で増加する工事費（2,320 千円）は約２年で回収できるため、費用対効果は十分であるとみられる。

また、本地区のように水中ミキサーの運転を行わないケースの電力量料金の差は 15 年間で 3,750 千円から 5,880 千円となり、更に回収の採算はよくなる。

本機器の導入は新設においては十分に費用対効果のある省エネ技術(省エネ機器)と考えられる。なお、既設の機能強化対策で実施される場合には、前記したようにスラブ開口や梁の問題を解消できることが前提となり、かつ、これらの改修費用も含めて費用対効果を確認する必要がある。

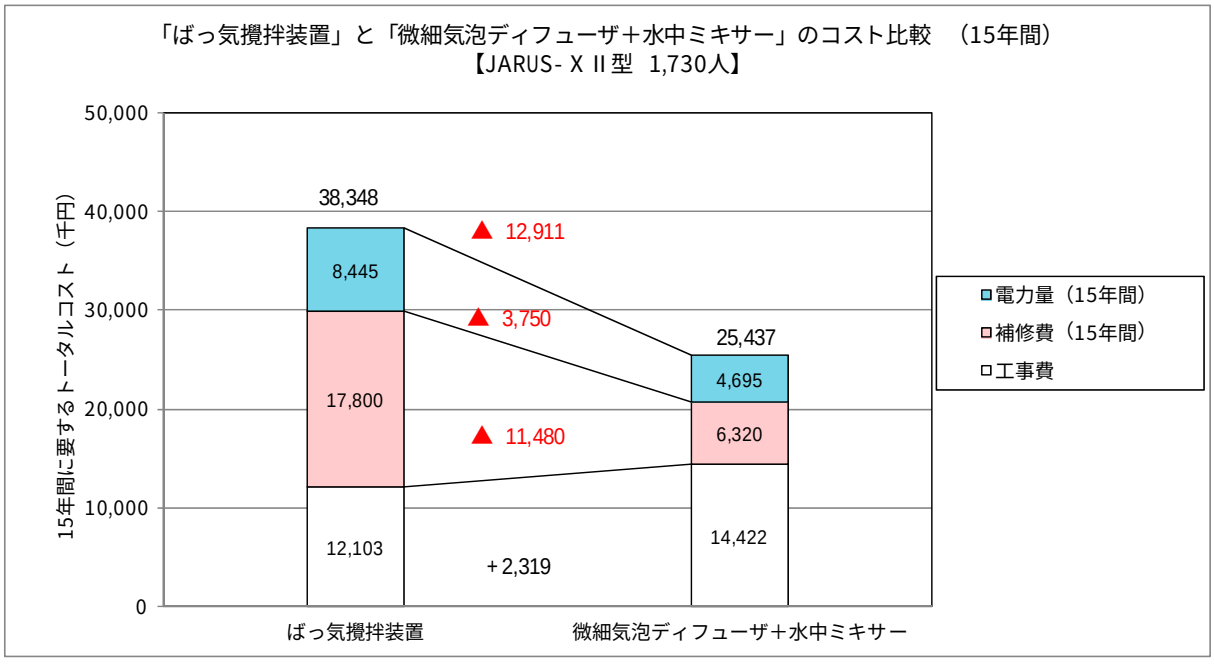


図 4.3.6　ばっ気撹拌装置と「微細気泡ディフューザ＋水中ミキサー」の参考コスト比較（15 年間）

4.4　高効率Ｖベルト

4.4.1　機器概要

従来のばっ気ブロワの動力伝達用Ｖベルトに代えて、高効率Ｖベルトに交換して動力効率を改善し、電力量削減を目指した省エネ効果を確認するものである。

【解説】

従来のばっ気ブロワの動力伝達用Ｖベルトに代えて、高効率Ｖベルトに交換して動力効率を改善し、電力量削減を目指した省エネ効果を確認するものである。

高効率Ｖベルトの構造上の特長としては、ベルト底面部にノッチ加工が施されており、これによってベルトがプーリに巻き付く力（曲げ応力）が小さくなり、ベルト曲げ応力による損失が軽減される。このことによる省エネ効果を検証するものである。（**図 4.4.1** 及び**図 4.4.2** 参照）

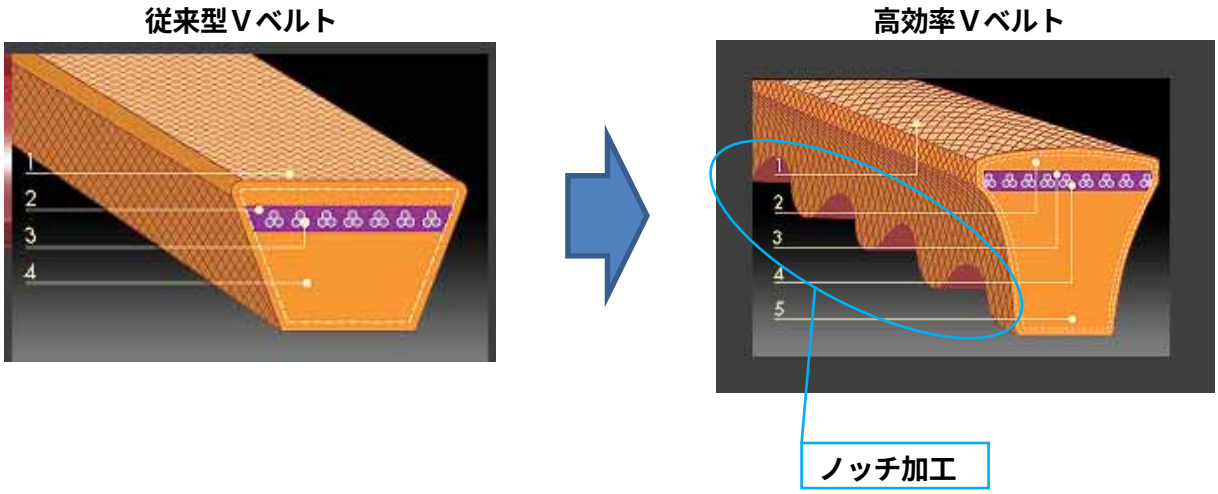


図 4.4.1　従来型Ｖベルトと高効率Ｖベルトの構造図

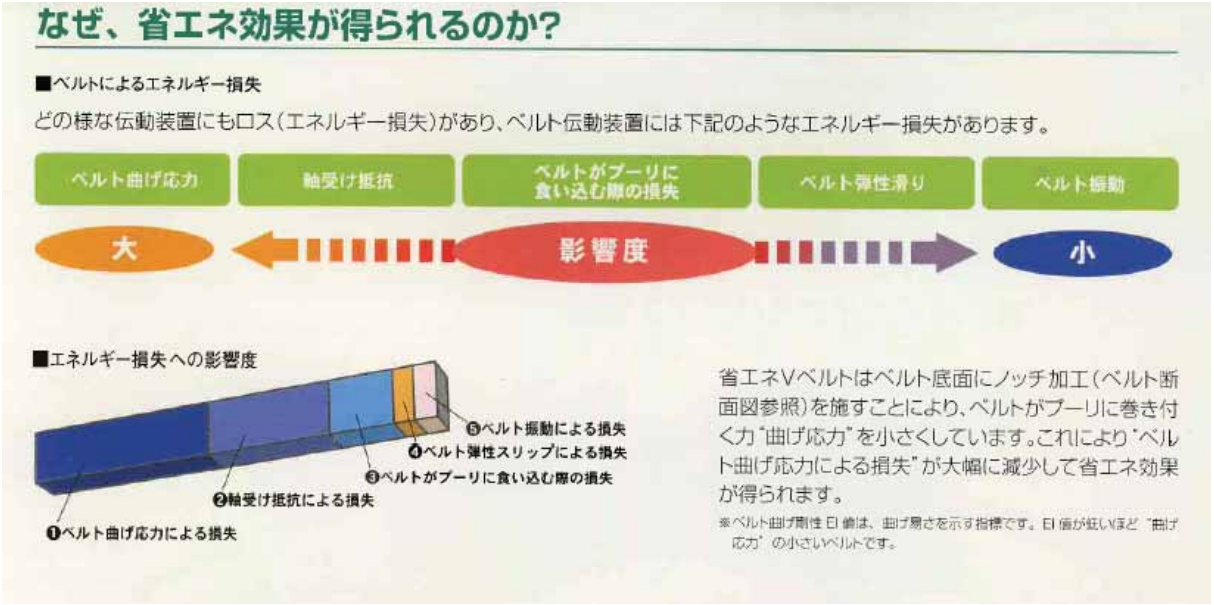


図 4.4.2　高効率Ｖベルトのメーカーパンプレット（抜粋）

4.4.2　導入条件及び適用方式

従来のＶベルトに代えて、高効率Ｖベルトを導入して動力効率を改善する方法は、ブロワを使用するすべての処理方式で適用できる。

【解説】

従来のＶベルトに代えて、高効率Ｖベルトを導入して動力効率を改善する方法は、ブロワを使用するすべての処理方式で適用することができる。

また、計画処理人口が多い大きな処理施設の方が、より電力量削減による省エネ効果が得られるものと考えられる。

4.4.3　施工における留意点

高効率Ｖベルトの使用に当たっては、特別な改造等の必要がなく、ベルトの交換のみで対応できるため比較的容易に採用できる。

【解説】

高効率Ｖベルトの使用に当たっては、ブロワ設備の特別な改造等の必要がなく、ベルトの交換のみで対応できるため比較的容易に採用できる。

4.4.4　維持管理における留意点

高効率Ｖベルトはまだ採用事例が少ない。したがって、ブロワの運転状況には十分注意していかなければならない。

【解説】

高効率Ｖベルトはまだ実施設での採用事例が少ない。したがって、ブロワの運転状況には十分注意していかなければならない。

また、緊急時に備えて予備の高効率Ｖベルトを用意しておくことも必要である。

4.4.5　実証事例

実証調査は２地区で行った。

現状の処理施設の電力量及び稼働時間を把握するため、電力量計を制御盤内に設置しデータを収集する。次にばっ気ブロワの動力伝達部に高効率Ｖベルトを換装し、電力量及び稼働時間についてデータを収集し、現状のデータとの電力量の比較を行い省エネ効果について検証する。

（1）実証地区の概要

＜佐々並市地区＞

佐々並市（ささなみいち）地区は、処理対象人口 760 人の流量調整、嫌気性ろ床及び接触ばっ気を組み合わせた方式で、平成 11 年から供用を開始した施設であり、現在の流入水量当たりの供用率は 87.0%程度となっている。

本地区の施設概要を**表 4.4.1** に、処理場全景写真を**写真 4.4.1** に示した。

表 4.4.1　佐々並市地区の施設概要

県／市町村名	**山口県／萩市**
地区名	**佐々並市地区**
処理方式	**JARUS－III型**
処理対象人口	**760 人**
計画流入汚水量	**206m³／日**
現状の供用率	**87.0%**
系列数	**１系列**
計画処理水質	**ＢＯＤ　20mg／Ｌ** **ＳＳ　50mg／Ｌ**

写真 4.4.1　佐々並市地区処理場 全景

＜大河内地区＞

大河内（おおかわち）地区は、処理対象人口 350 人の沈殿分離及び接触ばっ気を組み合わせた方式で平成 9 年から供用を開始した施設であり、現在の流入水量当たりの供用率は 82.8%程度となっている。

本地区の施設概要を**表 4.4.2** に、処理場全景写真を**写真 4.4.2** に示した。

表 4.4.2　大河内地区の施設概要

県／市町村名	山口県／下関市
地区名	大河内地区
処理方式	JARUS－Ⅰ型
処理対象人口	350 人
計画流入汚水量	94.5m^3／日
現状の供用率	82.8%
系列数	１系列
計画処理水質	ＢＯＤ　　20mg／Ｌ ＳＳ　　50mg／Ｌ

写真 4.4.2　大河内地区処理場 全景

(2) 機器仕様及び運転条件

① 機器の仕様

ばっ気ブロワについては佐々並市地区及び大河内地区ともに、3.7kW ブロワ×３台の設置である。

② 機器の運転条件

ばっ気ブロワの運転状況は、佐々並市地区では 3 台のブロワを月毎で交互に 1 台ずつ手動で切り替えて運転している。

大河内地区では、本来であれば 3 台のうち 1 台又は 2 台でのタイマーによる（12 時及び 24 時切替）自動交互運転であるが、タイマーの異常により平成 25 年 12 月まで自動交互運転がなされず、不規則な運転が行われていた。12 月中にタイマーの取替が行われ正常に戻ったため、平成 26 年 1 月のデータを採用した。

消費電力量調査は、佐々並市地区では従来型Ｖベルト及び高効率Ｖベルトとも連続運転の NO.1 ブロワへ電力量計を設置して測定した。

大河内地区では自動交互運転のため、従来型ＶベルトはNO.3 ブロワ、高効率ＶベルトはNO.1 ブロワへ電力量計を設置して測定した。

両地区のブロワ状況写真を**写真 4.4.3** 及び**写真 4.4.4** に、Ｖベルト写真を**写真 4.4.5** 及び**写真 4.4.6** に示した。

ブロワ室内

電力量測定対象施設（NO.1 ブロワ）

写真 4.4.3　佐々並市地区 ブロワ状況写真

ブロワ室内

電力量測定対象施設（NO.1 ブロワ 3.7kW）

電力量測定対象施設（NO.3 ブロワ 3.7kW）

写真 4.4.4　大河内地区 ブロワ状況写真

Ｖベルト(通常)　　Ｖベルト(高効率)

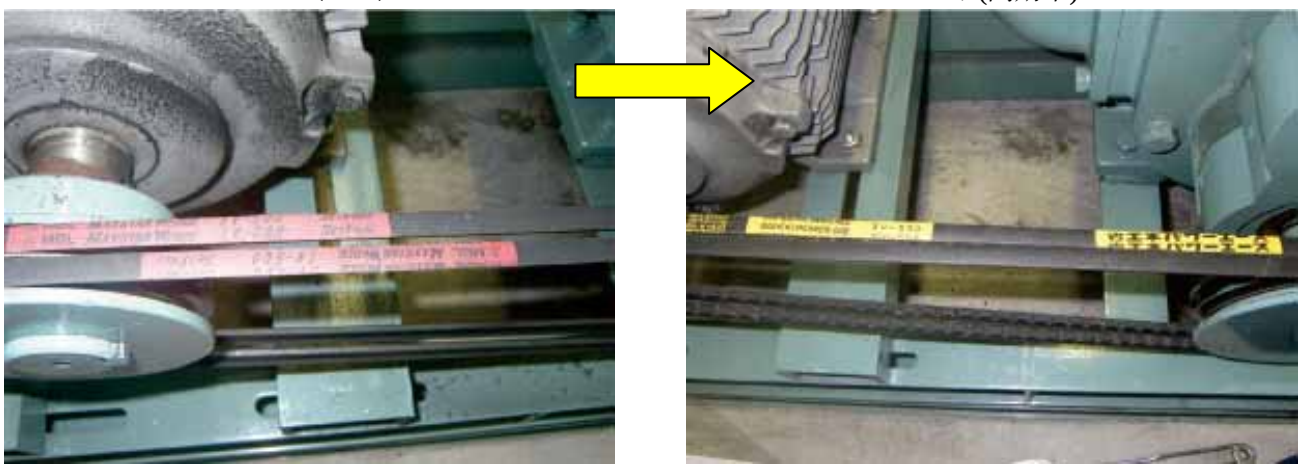


写真 4.4.5　佐々並市地区　Ｖベルト写真

Ｖベルト(通常)　　Ｖベルト(高効率)

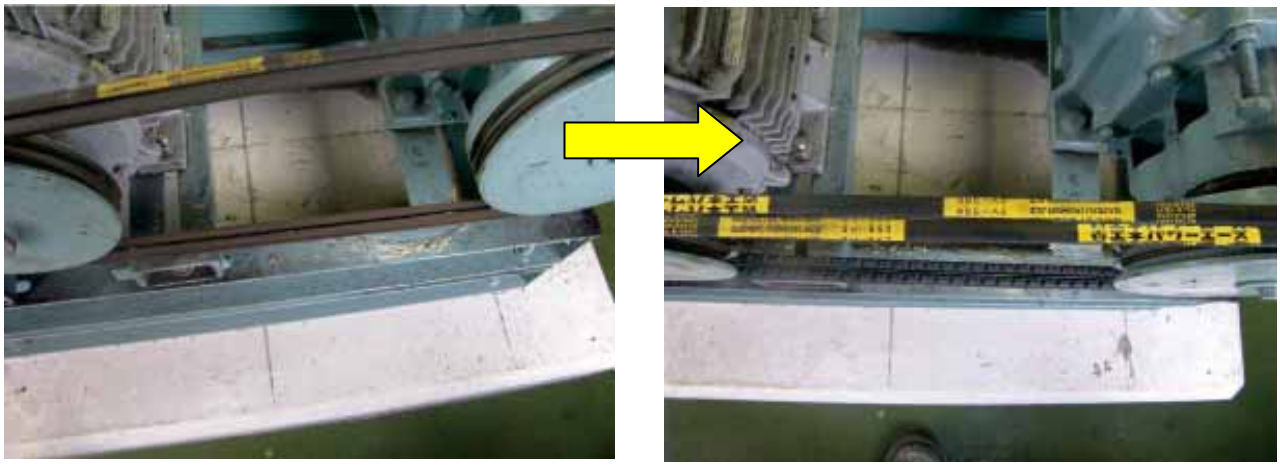


写真 4.4.6　大河内地区　Ｖベルト写真

（3）使用電力量及び省エネ効果

＜佐々並市地区＞

佐々並市地区の導入前後における日当たりの電力量と電力量料金を**表 4.4.3** に示した。

導入前後でのブロワの使用電力量は導入前のインバータ周波数（41Hz）で 44.2kWh／日、導入後で 36.4（41Hz 換算時 40.3）kWh／日であり、使用電力量料金での両者の差は①－②＝51 円／日となり、年間では 18,600 円／年 程度の省エネ結果であった。

表 4.4.3　省エネ効果の確認

佐々並市地区	導入前運転結果		導入後運転結果	
実施期間	H25 年 8/1～ H25 年 8/31		H25 年 1/10～H25 年 1/31	
ブロワ	NO.1		NO.1	41Hz 換算
平均使用電力量（kWh／日）	44.2（41Hz）	44.2	36.4（37Hz）	40.3
平均使用電力量料金（円／日）		① 575		② 524
導入前後での使用電力量料金の削減率（①－②）／①（%）				9

※電力量料金単価を 13 円／kWh として算出

＜大河内地区＞

大河内地区の導入前後におけるブロワ１台における日当たりの電力量と電力量料金を**表 4.4.4** に示した。

導入前後でのブロワ１台の使用電力量は導入前が 21.1kWh／日、導入後で 19.1kWh／日であり、使用電力量料金での両者の差は①－②＝26 円／日となり、年間では 9,500 円／年 程度の省エネ結果であった。

大河内地区ではブロワ３台による自動交互運転を行っているため、３台すべてに省エネタイプのＶベルトを導入した場合の日当たり使用電力量は**表 4.4.4** の３倍となる。その場合、年間では 28,500 円／年 程度の省エネ効果となる。

表 4.4.4　省エネ効果の確認

大河内地区	導入前運転結果	導入後運転結果
実施期間	H26 年 1/1～1/31	H26 年 1/1～1/31
ブロワ	NO.3	NO.1
平均使用電力量（kWh／日）	21.1	19.1
平均使用電力量料金（円／日）	① 274	② 248
導入前後での使用電力量料金の削減率（①－②）／①（%）		9

※電力量料金単価を 13 円／kWh として算出

（4）機器費及び維持管理費

Ｖベルトの価格を**表 4.4.5** に示す。

省エネタイプのＶベルト価格は、従来の標準品に比べ約 1.5 倍の価格となっている。省エネタイプのＶベルトはまだ採用事例が少ないため、その耐久性についての実績は不明であるが、メーカーのパンフレットによれば耐久性が従来の標準Ｖベルトより長寿命ということであるので、維持管理費を含めたトータルコストでの比較を行えば有利となることも考えられる。

表 4.4.5　Ｖベルトの価格（参考）

地区名	Ｖベルト規格	Ｖベルト価格（円／本）	
		標 準 品	省エネタイプ
佐々並市	3V-500	1,540	2,320
大河内	3V-560	1,620	2,420

※上表はＶベルト１本当たりの参考価格を示しているが、使用機種によりベルト使用本数が異なるため、本数については留意すること。

また、省エネタイプのＶベルトを使用するに当たっては、特別な改造等の必要がなく、ベルトの交換のみで対応可能であるため容易に採用できる。今回の実証結果を見ると両地区とも９％の削減率となっており、一定の省エネ効果は認められる。

4.5 太陽光発電

4.5.1　機器概要

エネルギー源が太陽光であるため、基本的には設置する地域に制限がなく、導入しやすいシステムで、半導体を利用して、光のエネルギーを直接電力に変換するシステムである。

【解説】

太陽光発電は、光エネルギーを電気エネルギーに直接変換するもので、物理的・化学的な変化を伴わず、発電時に一切の排出物の発生もない。また、発電のためのエネルギー源は太陽光で非枯渇エネルギーであり、可動部がないので保守が容易で無人化が可能なクリーンな発電方式である。

日本国内では、賦存量の限られた化石燃料エネルギーから自然エネルギーへの移行として、住宅向けの太陽光発電を中心に導入され、集落排水施設も含む公共・産業向け施設への適用も進んでいる。公共向けの代表的な太陽光発電のシステム構成を**図 4.5.1** に示す。

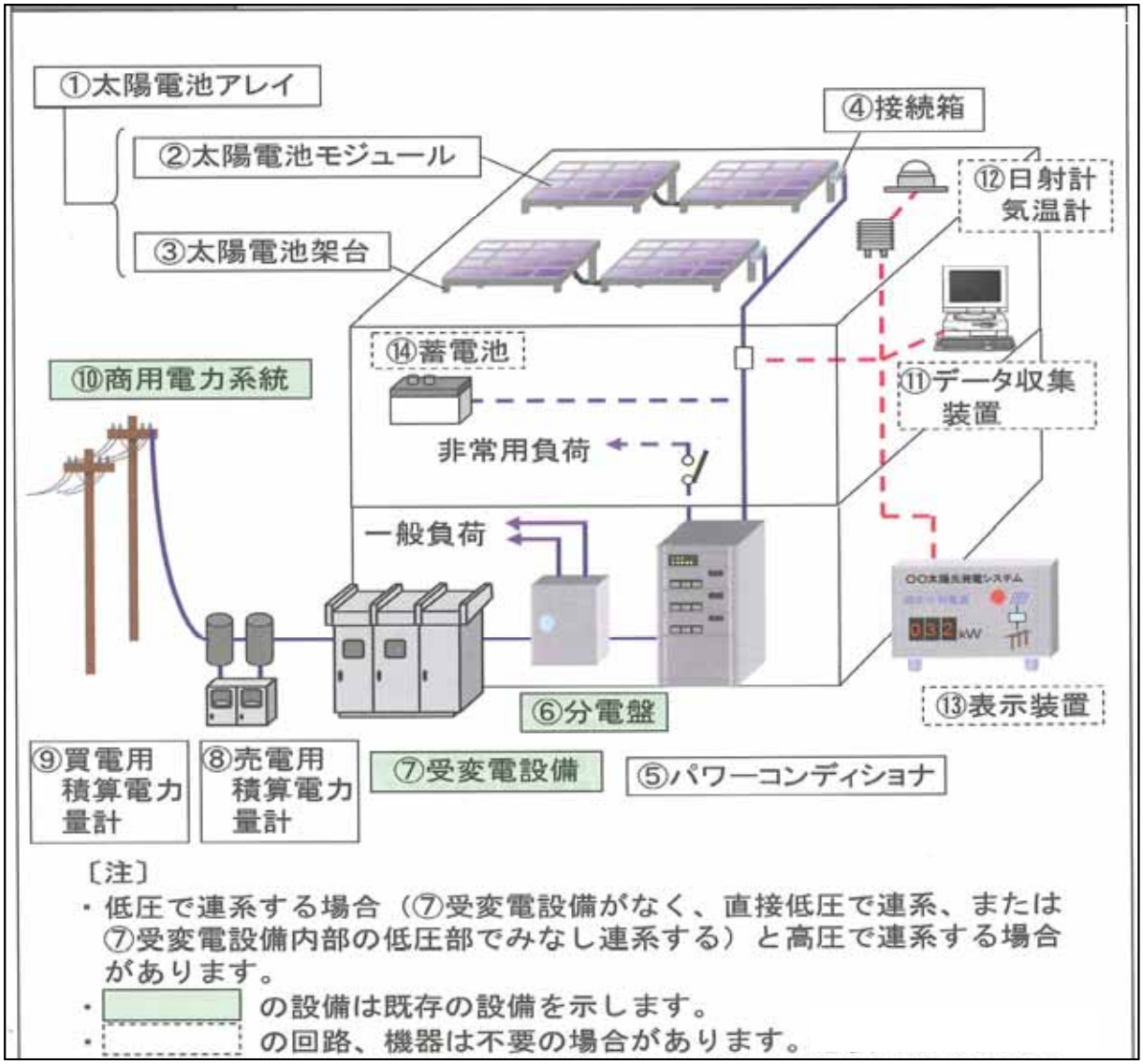


図 4.5.1　　公共向けの太陽光発電のシステム構成

（太陽光発電システム手引書(一般社団法人太陽光発電協会)からの出典）

4.5.2　導入条件及び適用方式

太陽光発電は処理方式に関係なく設置でき、発電が可能である。ただし、建設コストが高いため、建設コストの削減を図りながら、発電電力量よる電力量料金の削減等を十分に比較検討する必要がある。なお、補助事業により集落排水施設に太陽発電を導入した場合には電力の固定価格買取制度は活用できないので、注意する必要がある。

【解説】

太陽光発電は集落排水処理方式には無関係であり、いずれの処理方式にも適用できる。また、新設でも既設（機能強化対策で対応可能）でも設置は可能である。

集落排水施設への太陽光発電の導入では、集落排水施設の屋根や敷地内の未使用スペースを活用して太陽光パネルを設置することになる。このため、設置の方角、設置角度、日陰の有無等で発電効率が異なってくるため、発電に適した設置場所の選定が必要である。

処理施設に太陽光発電を導入する場合には､何からの補助事業を活用するケースが大多数であり、この場合には電力の固定価格買取制度は活用できないので、注意する必要がある。したがって、補助事業を活用したケースでは、太陽光発電により得られた電力は処理施設内での自家消費が基本となる。

なお、現状の公共向け太陽光発電設備の建設コストは民間向け設備に比較して高額であり、建設コストの削減と発電電力よる使用電力料や売電収益を十分に比較検討し、費用対効果を確認する必要がある。

4.5.3　設計・施工における留意点

処理施設での太陽光発電の設計・施工は、設置場所・設置手法の他に、得られる発電容量及び建設コスト等を総合的に検討する必要がある。

【解説】

本解説は、新設施設での太陽光発電の設置検討ではなく、既設処理施設への太陽光発電の設置検討とした。

太陽光発電システムを検討するに当たり、設計手順を**図 4.5.2** に、また、施工手順と項目毎の管理ポイントについて**図 4.5.3** に参考として示した。

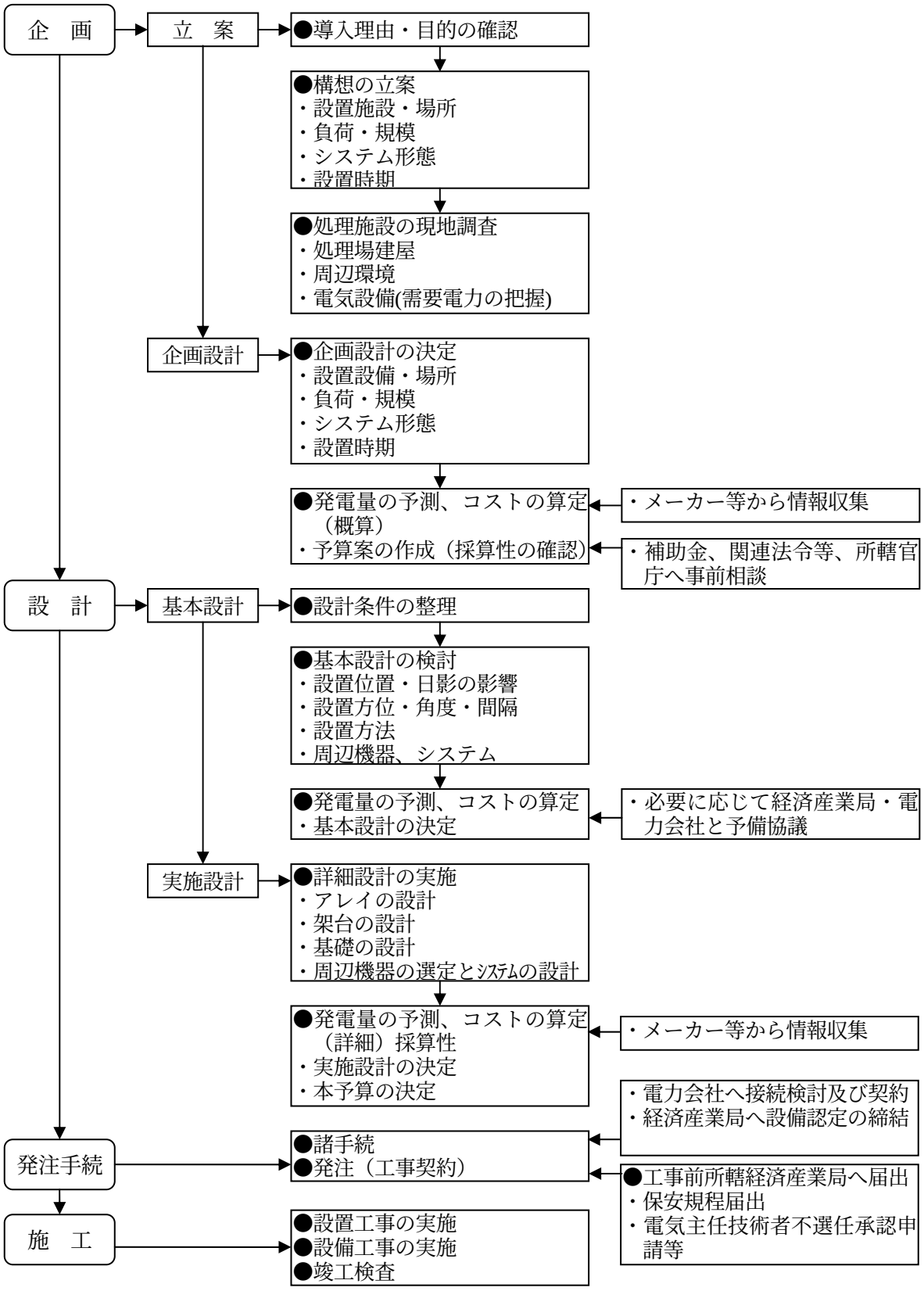


図 4.5.2　太陽光発電システムの設計手順

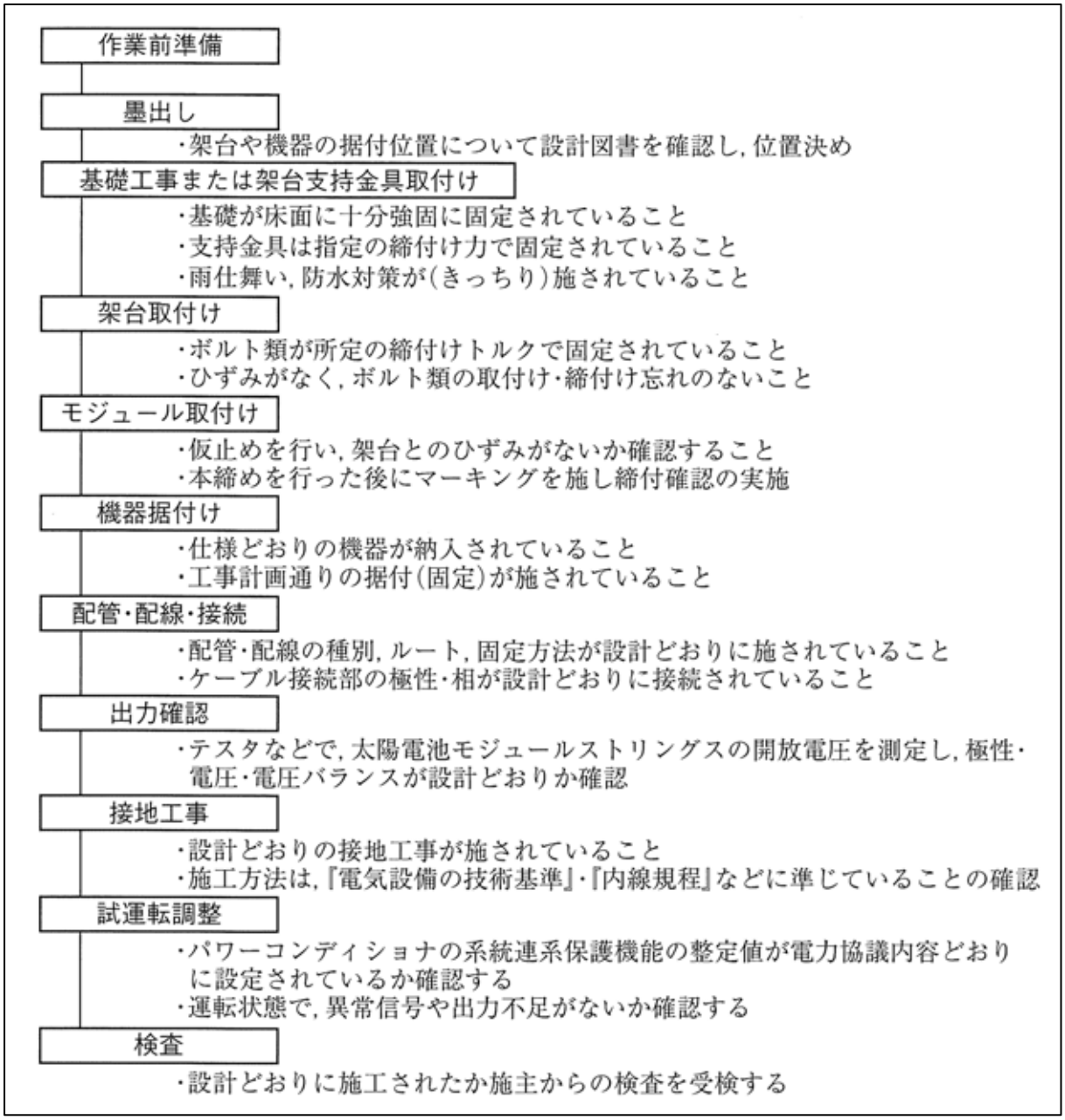


図 4.5.3　施工手順と項目毎の管理ポイント

（太陽光発電システムの設計と施工（改定４版）
(一般社団法人太陽光発電協会)からの出典）

１．設計における留意点

(1) 立案と企画

1） 導入目的

導入の主目的は処理施設のスペースを有効利用し太陽光発電システムを設置し、自家消費による使用電力量の削減による電気料の節減を主目的とする。

なお、CO_2 排出量削減での温暖化防止への貢献効果や、災害時の電力供給拠点とすることも可能である。

2） 設置場所

処理施設建屋の屋根や水槽の地上空間及び敷地スペースの有効利用が考えられる。

3） 設置規模

設置場所の面積と予算により、ある程度設置規模は限定される。太陽電池の種類や傾斜角度にもよるが、目安として太陽電池アレイ(太陽電池＋架台)は kW あたり１0～ １5m^2 の場所が必要である。また、受変電設備、パワーコンディショナ（PCS） 等の付帯設備の設置スペースも念頭において検討する。

4） 負荷

一般的に採用されている系統連系システムでは、発電電力が消費電力より小さければ電力系統から供給され、逆に発電電力が消費電力より大きければ商用電力系統へ逆潮流されるため、負荷の消費電力パターンは、設置規模等には直接影響しない。

5）システムの設置コスト

太陽光発電システムのコストは､設置場所やシステム種類､システム規模によって異なるが、徐々に製品価格の低下が進んでいる。このため、メーカー等からの情報を収集して設計を進めると共に、設置後の維持管理費も念頭において検討する必要がある。

(2) 処理施設の現地調査

1）設置にあたって留意点

① 受光障害の有無

近隣建物、樹木、山陰、煙突・電柱・鉄塔・看板等の影等の確認が必要である。太陽電池に影ができると発電電力量が低減し、また、まれに局所的な影によってホットスポットと呼ばれる局所発熱現象も起こりうる。従ってなるべく影のかからない場所に太陽電池を設置する事が大切な基本事項である。

② 積雪の程度

積雪量は太陽電池アレイ用架台の嵩上げ、雪の滑落を考慮した傾斜角等の検討に必要となるため、積雪地域では、地元の気象台データ等で積雪量を事前に調べておく。

③ 塩害、雷害、その他

岸付近や通行量の多い道路の脇等の塩害や通常以上の腐食が予想される場所では､現場での塩害やさび・腐食発生状況を調べておく。

雷は誘導雷と直撃雷に区分される。直撃雷への対策は近辺に避雷針が設置されているものは、それで保護される場合もあるため保護範囲を確認する。誘導雷については避雷素子をアレイ主回路、接続箱、分電盤等に取り付けて雷サージ対策を施した機器を選定する。

2）電気設備

太陽電池アレイは、周辺機器や分電盤、受変電設備と接続されて使用されるので、既存の電気設備と接続する場合、電気設備の現況と新規設備の設置スペース確保が、設計条件と関わってくる。

(3) 諸官庁および電力会社等との事前相談

計画を進める際、計画条件や必要手続きの把握をするため、必要に応じて所轄官庁、電力会社、助成機関等と事前に相談を行っておく。

(4) 設計の留意点

1）設置方法と利用場所

既設処理施設を主とした発電計画の場合、利用場所は、屋根・処理場・有効スペースが考えられる。日影部は、極力避けた範囲を利用場所とする。設置方法は、架台設置型の地上設置・陸屋根設置・勾配屋根設置が主である。設置可能場所の広さや形状等の条件の他、得られる設備容量や予算額とコスト等を総合的に検討して決定する必要がある。

2）方位角と傾斜角・設置間隔

太陽エネルギーを効果的に利用するためには、太陽電池アレイの方位角と傾斜角が重要になる。方位角は一般的には太陽電池の発電量が最大となる真南とすることが望ましいが、既設施設を利用する場合、むしろ向かない場合がほとんどであるから、比較検討する。同様に、傾斜角・設置間隔を考慮して、総合的に判断する。

3）太陽電池モジュール

太陽電池モジュールは、太陽からの光エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。よく使われるシリコン系でも単結晶・多結晶・アモルファスがあり、変換効率・耐用年数(信頼性)・価格が異なる。導入効果とコストを考慮し総合的に判断する。

4）系統連系

連系には、高圧連系と低圧連系があり、前者は基準出力が 50kW 以上の施設である。高圧連系ではキュービクルが必要となりコスト増となるため、施設的な余裕があったとしても 50kW 未満に抑えた方が採算性が良い場合もあり、留意する。

(5) 関連法規の手続き

太陽光発電の関連法規は、基本的に電気事業法の他、買取制度関連の法規がある。なお、先に記載したが、補助事業により太陽光発電を導入した場合には、買取制度の活用はできないので注意が必要である。

２．施工における留意点

太陽光発電設備の施工工事は大きく分けると、基礎工事、機器据付工事、電気工事、検査となる。更にパワーコンディショナや接続箱、集電箱などの盤類を壁面に設置する際には、壁面の補強工事などが必要となる。なお、施工に当たっては、「労働安全衛生法」及び関連法規、さらに施工する施主側の規則に基づいて十分な安全対策を施す事が重要である。

4.5.4　維持管理における留意点

太陽光発電設備の維持管理は、日常の自主的な点検と定期点検があり、異常がある場合には専門業者等に相談する必要がある。

【解説】

設置後の太陽光発電施設の維持管理には、日常の自主的な点検及び定期点検がある。太陽光発電設備は、一般にメンテナンスフリーと言われるが、他の電気設備と同様に定期的に保守・点検する必要がある。

(1)日常点検

日常点検は、主として目視点検により毎月１回程度実施する。推奨される点検項目は以下のとおりである。なお、異常が認められれば、専門の業者・技術者に相談する必要がある。

① 太陽電池アレイ
② 中継端子箱（接続箱）
③ パワーコンディショナ

(2)定期点検

自家用電気工作物の場合には保安規定に基づく定期点検を行う必要がある。1,000kW 未満の太陽光発電の場合には、毎年２回以上の点検となっている。一方、50kW 未満の小出力の太陽光発電の場合には、一般電気工作物と位置づけられ、法的には定期点検は求められないが、定期点検にならって、自主的に点検することが望ましい。なお、異常があれば、日常点検と同様に専門の業者・技術者（配線関係は電気工事業者）に相談する必要がある。

4.5.5　実証事例

（1）実証地区の概要

本調査では既に太陽光発電を設置・活用している集落排水施設において太陽光発電による処理施設の電気料の削減による省エネ効果を調査したものである。

太陽光発電の実証試験地区である山口県萩市明木市（あきらぎいち）地区（**図 4.5.4**）では平成14年度の供用開始と併用して太陽光発電を導入し、発電した電気で処理施設の動力の一部をまかなっている。その太陽光発電装置の発電量を測定し、発電効果を実証するとともに、実際に稼動している汚水処理施設の消費電力量を確認し、評価を行った。

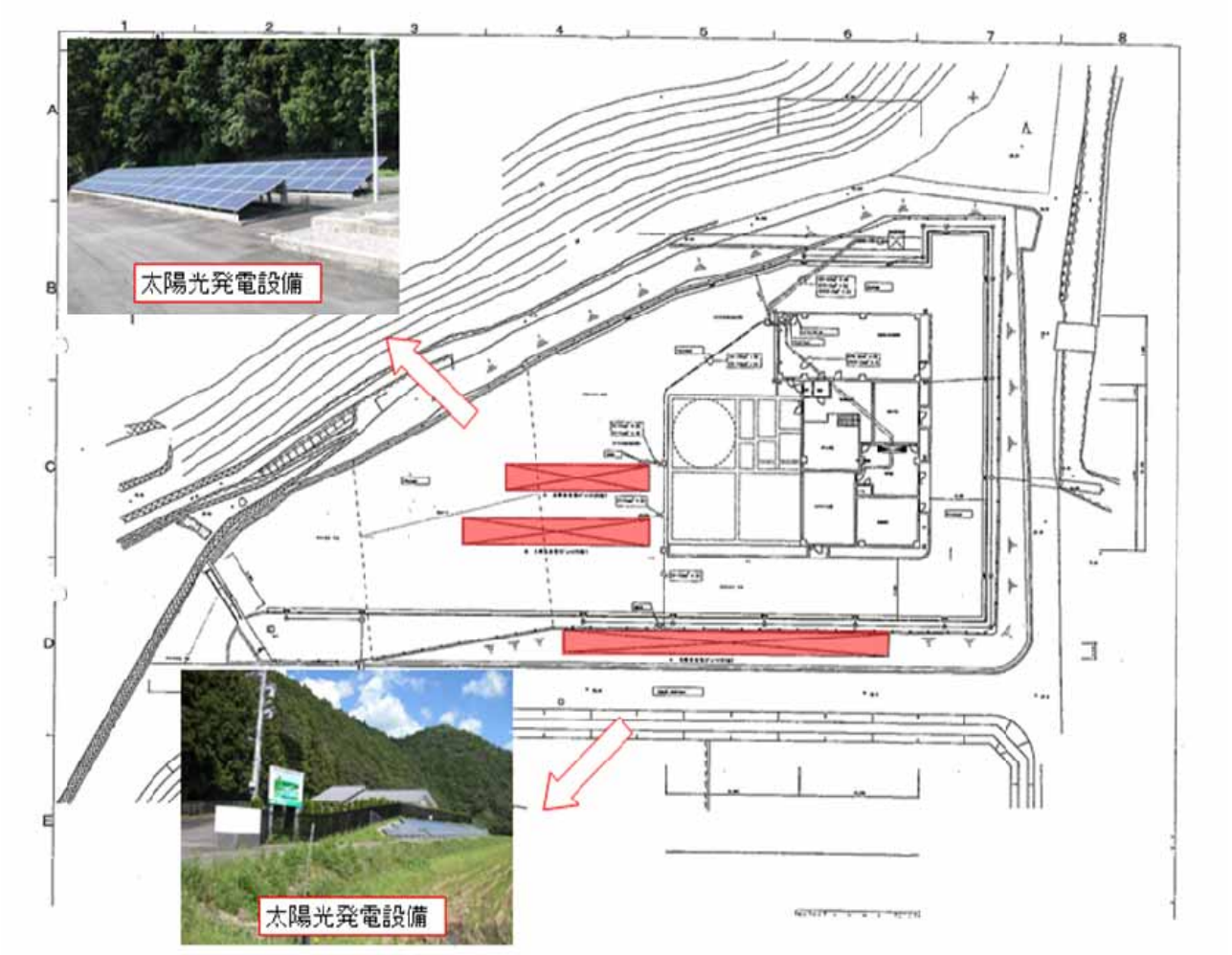


図 4.5.4　明木市地区処理施設平面図

明木市地区は、処理対象人口 1,230 人の連続流入間欠ばっ気方式で平成 14 年から供用を開始した施設であり、現在の流入水量当たりの供用率は 91.5%程度となっている。

同地区の処理施設概要を**表 4.5.1** に示した。

表 4.5.1　明木市地区の施設概要

県/市町村名	山口県／萩市
地区名	明木市地区
処理方式	JARUS-ⅩⅣ型
処理対象人口	1,230 人
計画流入汚水量	333m^3／日
現状の供用率	91.5%
系列数	1系列
計画処理水質	BOD　20 mg/L SS　50 mg/L T-N　15 mg/L

（2）機器仕様及び運転条件

実証施設の太陽光発電システムは既存の電力会社の電力網に接続し、発電していないときには既存の電力網から電気を受け取る方式（系統連携型システム）を採用しており、余分に発電した電力を既存の電力網に流す逆潮流型となっている。

表 4.5.2　太陽光発電設備の詳細仕様

太陽電池	製造者	K株式会社	
	型式	PAG-150	SPG 167-10
	原料の種類	多結晶ｼﾘｺﾝ	多結晶ｼﾘｺﾝ
	ｱﾚｲ最大出力	150W×150枚 ＝22,500W	167W×60枚 ＝10,020W
パワーコンディショナ	型式	PC-01000GP	
	種類	自励式	
	容量 （KW）	10×3台	
	連系系統	3相3線、60Hz	
	定格電圧 （V）	AC200	
	定格出力 （kw）	10×3台	
	運転力率 （%）	95%以上	
	電力制御方式	最大電力追従	
	出力制御方式	電圧型電流制御	

（3）太陽光発電量及び省エネ効果

四季ごとの太陽光発電量と処理施設の設備毎の仕様電力量の測定結果を**表 4.5.3** に示した。なお、日照時間は気象庁ホームページ（萩観測所）のデータである。

表 4.5.3　太陽光発電量及び各設備の電力量等

	春季 H25.4/1～4/30	夏季 H25.8/1～8/31	秋季 H25.10/8～10/30	冬季 H26.1/1～1/31	四季平均
①太陽光発電量（kWh／日）	80.1	77.6	52.4	42.9	63.3
②平均日照時間（時間／日）	5.3	7.5	4.0	3.4	5.1
③日照時間当り発電量（kWh／時）①／②	15.1	10.3	13.1	14.6	12.4
④主幹電力量（kWh／日）	430.9	353.1	350.8	361.0	374.0
⑤汚泥脱水発酵システム電力量（kWh／日）	146.5	68.3	79.1	81.7	93.9
⑥電灯電力量（kWh／日）	13.1	25.3	24.5	25.6	22.1
⑦汚泥脱水発酵システムを除いた処理施設電力量（kWh／日）④＋⑥－⑤	297.5	310.1	296.2	304.9	302.2
⑧処理施設電力量に占める太陽光発電量の割合（%）　①／⑦×100	**26.9**	**25.0**	**17.7**	**14.1**	**20.9**

※ 電力量料金単価を 13 円／kWh として算出

今回実証確認を行った結果、年間平均での①太陽光発電量は、汚泥脱水発酵システムを除いた処理施設全体（⑧処理施設電力量）の約 21%であった。この年間平均の太陽光発電量による電力量料金に置き換えて従前の電力量料金単価（13 円／kWh）で試算すると、300 千円／年となる。

63.3 kWh／日×365 日／年×13 円／kWh＝300 千円／年

表 4.5.3 のとおり四季毎に太陽光発電量にはかなりの差（最小：冬季平均で 42.9kWh／日、春季平均で最大：80.1 kWh／日）を生じている。特に、萩市の冬季は裏日本気候のため日照時間が短く、太陽光発電量は少ない結果となったとみられる。

本地区の太陽光発電を導入した理由に⑤汚泥脱水発酵システムに要する電気料を削減することにあった。この意味合いから①太陽光発電量と⑤汚泥脱水発酵システム電力量を比較すると、夏季を除いて太陽光発電量は、すべて汚泥脱水発酵システムで消費された形である。

（4）本機器導入による費用対効果の確認

本明木市地区の太陽光発電の事業費（単独費）は 27,300 千円（税抜き）であり、平成 13 年 7 月から運転を開始して 12 年を経過している。今回、費用対効果を改めて算出するに当たり、最新の予測発電電力量の試算条件を見直し、予測発電電力量及び予測節電電力量料金を算出した（**表 4.5.4**）。

その結果、試算予測節電電力量料金は 393 千円／年となり、本地区の節電した平均電力量料金（299 千円／年）を上回る結果であった。

なお、太陽光発電設備による発電量の算出方法は、「太陽光発電システムの設計と施工【改定４版】ｐ75「発電量の算出」（一般社団法人太陽光発電協会）等にあるので参考のこと。

表 4.5.4　年間予測発電電力量の試算条件及び試算結果

No.	項　目	試算条件及び結果
1	地区	山口県萩市
2	太陽光発電の買取制度	利用しない。 電力量料金は 13 円／kWh で試算
3	消費電力量	処理施設で 24 時間均等使用
4	設置方式	野立て設置
5	太陽電池容量	30kW
6	太陽電池モジュールの設置方位	真南
7	蓄電システムの使用	使用しない。
1	予測発電電力量	30,240kWh／年
2	予測節約電力量料金	393 千円／年

本地区の太陽光発電設備は市の単費事業であり、補助金は入っていないが、ここでは半額の補助金が入っていると仮定して費用対効果を算出する。なお、試算に当たり、太陽光発電のパワーコンディショナ等の補修費等は見込んでいない。

30kW×910 千円／kW×（1−0.5（補助率））÷393 千円／年＝35 年となり、まだ、採算の取れる回収年にはなっていない。

しかしながら、民間向けの太陽光発電設備の単価は現状 300 千円／kW 程度であり、これで試算を行うと、30kW×300 千円／kW×（1−0.5（補助率））÷393 千円／年＝11.5 年となり、採算ベースに見合う回収年（10 年程度）に近づいてくる。

したがって、今後の公共向け太陽光発電設備の建設単価が民間価格並に低下していけば、採算ベースに見合う状況となると推察される。

なお、集落排水施設に補助事業により太陽光発電設備を導入した場合には、発電電力を固定買取制度により売電することはできないため注意を要する。

第５章　省エネ運転手法による省エネ技術

本章は、既設の機器の運転手法を変更することで省エネを図る省エネ技術を取りまとめた。

なお、省エネ運転手法は各処理施設における実施事例の結果であり、この省エネ効果は個々の施設条件（流入負荷、運転条件及び機器仕様）により異なる。

5.1　流量調整槽撹拌装置の運転手法

5.1.1　運転手法概要

本省エネ運転手法は、流量調整槽に設置されている撹拌装置の運転をタイマーによる間欠運転、又は運転台数の間引き運転により実施する。

【解説】

大多数の集落排水施設には流量調整槽が設置されており、その機能は二次処理設備の処理機能を十分発揮させるために汚水の流量変動を調整し、汚水を均等に移送するためのものである。

この流量調整槽内の撹拌には、**図 5.1.1** に示したように撹拌装置の水中ミキサーあるいはジェットポンプが活用されている（**写真 5.1.1** 参照）。この撹拌装置の運転は 24 時間フル稼働が通常となっているが、タイマーによる間欠運転や運転台数の間引き運転を行っても大きな支障は生じないと考えられる。このため、撹拌装置の運転手法の変更により省エネ運転を行うものである。

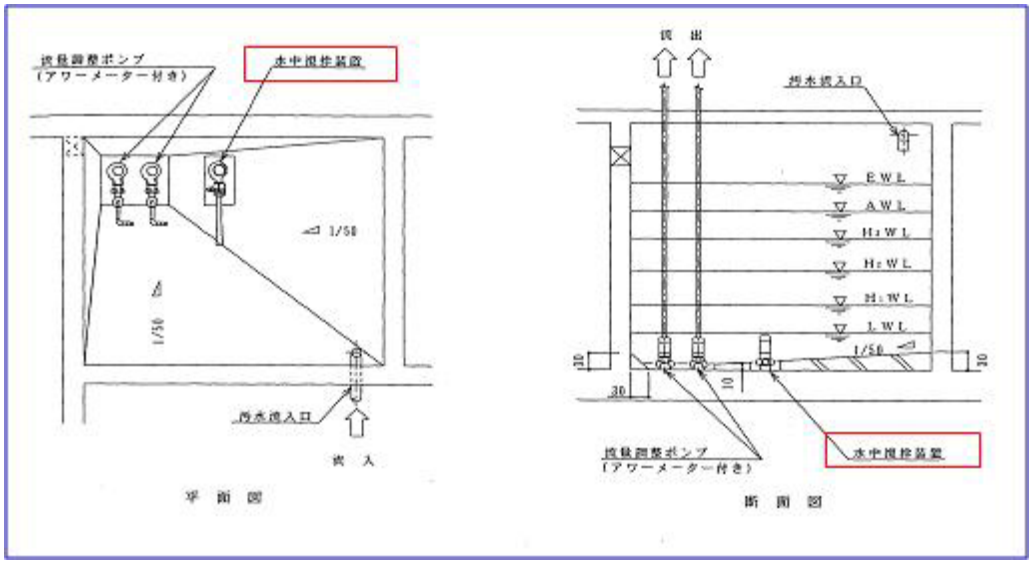


図 5.1.1　流量調整槽における撹拌装置の設置状況

（水中ミキサー型）

（ジェットポンプ型）

写真 5.1.1　流量調整槽撹拌装置例

5.1.2　適用方式

流量調整槽撹拌装置の間欠運転や運転台数の間引きの運転手法は、流量調整槽を有する全型式に適用できる。

【解説】

流量調整槽撹拌装置のタイマー間欠運転による運転手法は、流量調整槽を有する全ての JARUS 型式に適用できる。また、流量調整槽撹拌装置の運転台数の間引き運転は、撹拌装置が２台以上設置されている流量調整槽における運転とすべきである。

なお、流量調整槽を有していない JARUS の型式は、Ⅰ型、Ｓ型、Ⅱ型及びⅤ型であり、これらの型式は適用外となる。

また、JARUS－膜分離活性汚泥方式では流量調整槽はないが、流量調整機能を有している脱窒槽の運転となり処理性能と直結する。このため、本方式の適用には処理水質の確認が必要となる。

5.1.3　設計・運転設定における留意点

流量調整槽撹拌装置は水位による運転の稼動・停止の他に、稼動時に間欠運転できるように設計当初からタイマーの設置を検討すべきである。

【解説】

新設の場合には、流量調整槽撹拌装置の運転手法で水位制御の他に、当初からタイマー（24 時間タイマー **写真 5.1.2** 参照）運転もできるように設計当初から組み入れておくべきである。タイマーによる間欠運転は稼動（30 分程度）と停止（30 分程度）の繰り返しで十分である。

また、設置単価が安価なため、通常の維持管理時にタイマー運転の導入を積極的に検討すべきである。

なお、改築時の処理方式により、流量調整槽撹拌装置の入れ替えを行う時には、タイマー運転の追加の他に設定水位の再検討が必要となる場合があるので留意する。

写真 5.1.2
24 時間タイマー事例

5.1.4　維持管理における留意点

流量調整槽撹拌装置を間欠運転や運転台数の間引き運転する場合には、運転条件や脱離液の SS 濃度により槽底部に SS が堆積する懸念がある。このため、定期的に流量調整槽底部の SS の堆積高を確認する必要がある。

【解説】

(1) タイマー運転

流量調整槽撹拌装置の間欠運転や運転台数の間引き運転で最も懸念される事項は、流量調整槽底部への SS の堆積である。SS の堆積が多くなると、流量調整槽の有効容量が少なくなるのと、通常の撹拌に戻した場合に堆積していた SS が生物反応槽に流入す

写真 5.1.3　界面計の事例

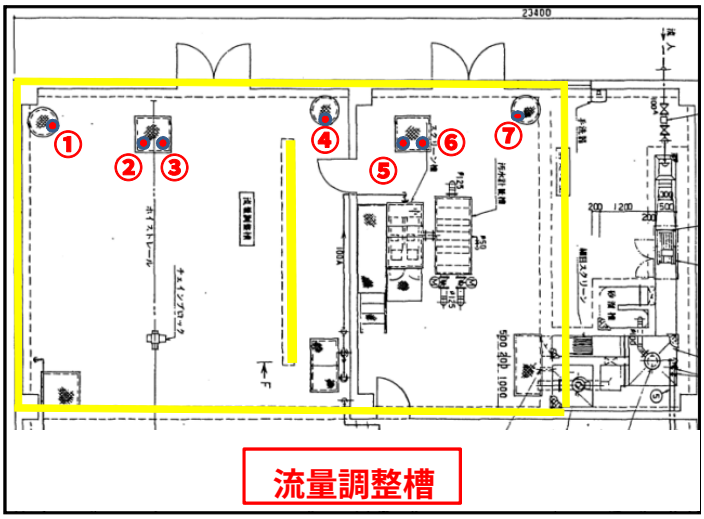
るため、処理性能が劣化するおそれがある。

このため、汚水計量槽での汚水の性状（色度やSS濃度）を目視で確認する他に、流量調整槽底部へのSSの堆積状況を界面計（**写真 5.1.3** 参照）及びMLSS計等で定期的に確認する必要がある。

今回の実証事例でもタイマー運転による流量調整槽底部へのSSの堆積が懸念されたことから、タイマー運転導入後の流量調整槽の堆積SS高さを界面計で定期的に測定した。この測定結果を参考として**表 5.1.1** に示した。

なお、SS界面測定時には流量調整槽撹拌装置は停止して測定した。流量調整槽底部におけるSSの堆積増加の傾向は見えず、「30分稼動／30分停止」の撹拌装置の運転条件で槽内の撹拌は十分なされていた。

表 5.1.1　流量調整槽底部の堆積SS高さ（単位：cm）

測定日時	流調水位（底部から）	測定箇所						
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
H25. 1. 8	93	12	12	12	15	10	10	15
H25. 2. 8	94	7	8	12	8	5	0	7
H25. 3. 1	109	8	4	8	10	2	0	9
H25. 4. 17	82	9	8	10	10	12	8	10
測定位置図								

(2) 運転台数の調整

本実証地区では実施しなかったが、流量調整槽撹拌装置の運転台数を削減して省エネを図った場合があり、この事例を以下に紹介する。

流量調整槽撹拌装置の 4 台の内、1 台を停止させる方法で、週 1 回の巡回管理の際に停止する撹拌装置を切り替えていくことで、使用電力量を削減する手法である（**図 5.1.2** 参照）。

なお、この運転台数の変更運転においても流量調整槽底部の SS の堆積状況を界面計及び MLSS 計等で定期的に確認する必要がある。

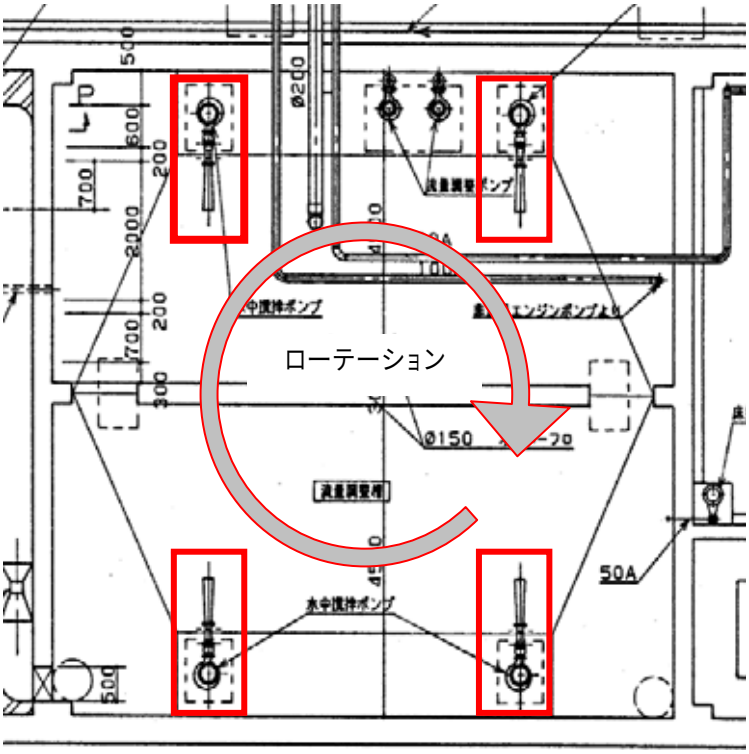


図 5.1.2　流量調整槽撹拌装置の運転停止の切替手法

なお、流量調整槽底部への SS の堆積を生じた場合には、撹拌装置の運転条件を通常に戻して速やかに流量調整槽底部に堆積した SS を解消する必要がある。

5.1.5　実施事例

（1）実証調査地区の概要

本実証調査は茨城県美浦村信太地区で行った。この地区の概要は「**4.3　微細気泡ディフューザ**」に記載しているので省略する。なお、実証調査を行った管理室内の制御盤の全景と撹拌装置の設置状況を**写真 5.1.4** に示した。

写真 5.1.4　信太地区の制御盤全景及び流量調整槽撹拌装置の全景

今回の流量調整槽及び調査対象機器の流量調整槽撹拌装置の全景を**写真 5.1.5** に、仕様を**表 5.1.2** に示した。

流量調整槽は 1 槽構造であるが、槽内には仕切り壁があり、実質は 2 室構造となり、流量調整槽撹拌ポンプは室毎に設置されていた。

写真 5.1.5　流量調整槽撹拌装置

表 5.1.2　流量調整槽及び流量調整槽の撹拌装置の仕様

水槽及び機器	仕　様
流量調整槽	幅 12.6m、長さ 7.5m、水深 3.5m　実容量：283m^{3}の 1 槽 滞留時間：14.5 時間
流量調整槽 撹拌装置	水中撹拌ポンプ（ジェットポンプ型） 200Ｖ×22.5Ａ×1,440rpm×5.5kW×2 台

（2）運転手法（タイマーによる間欠運転）の導入方法

今回のジェットポンプ撹拌装置（5.5ｋW×２台）の運転は、流量調整槽の水位制御による稼動と停止であり、タイマーは設置されていなかった。

このため、省エネ運転のために 24 時間タイマーを新たに設置した上で、水位制御運転に加えてタイマーによる間欠運転を実施した（**写真 5.1.6** 参照）。

タイマー運転は 24 時間タイマーの時間セットで行い、汚水計量槽での汚水の性状（汚水の色度や SS 濃度）の目視確認（１回／週）や流量調整槽底部での SS の堆積状況等を界面計で確認（１回／３～４週）しながら変更した。

このタイマーによる運転条件は**表 5.1.3** のとおりである。なお、今回の運転では流量調整槽撹拌装置の台数の削減運転は行っていない。

写真 5.1.6　24 時間タイマーの設置状況（15 分停止／45 分稼動の状態）

表 5.1.3　流量調整槽撹拌装置の省エネ運転条件

H24年度		撹拌装置No. 1 及びNO. 2運転条件
導入前 RUN-1	8月～10月	タイマー運転はせずに流量調整槽の水位制御により、運転は稼動と停止となる。
導入後 RUN-2	11月～12月	流量調整槽の水位制御に加えて、タイマー運転（15分停止／45分稼動）を実施 11/1～12/3
導入後 RUN-3	12月～2月	流量調整槽の水位制御に加えて、タイマー運転（30分停止／30分稼動）を実施 12/4～2/28

（3）使用電力量及び省エネ効果

タイマー運転前後での 1 か月当たりの撹拌装置（2 台合計）における使用電力量と使用電力量料金を**表 5.1.4** に示した。タイマー運転は 15 分停止／45 分稼動の運転条件から開始し、結果として 14%の使用電力量の削減がなされ、更に、30 分停止／30 分稼動とした運転条件では、50%の削減がなされた。

省エネ効果は、使用電力料金で（87,310－43,620）円／月×12 か月＝524,000 円／年とかなり高い結果であった。ちなみにタイマー設置に要した工事費用は 60,000 円であり、十分採算はとれた。

なお、本実証調査地区は後段に高度処理施設や脱水設備を有しており、流量調整槽の容量は通常よりも大きく、また、流量調整槽撹拌装置も大型となっており、この分省エネ効果も大きくなったとみられる。

表 5.1.4　　流量調整槽撹拌装置の省エネ運転前後の電力量の比較

	導入前運転結果			導入後運転結果		
実施期間	Run１　H24年8～10月			Run3　H24年12月～H25年2月		
流量調整槽 撹拌装置	① No.1	② No.2	③合計 (①＋②)	④ No.1	⑤ No.2	⑥合計 (④＋⑤)
平均使用電力量 (kWh/月)	3,395	3,321	6,716	1,626	1,729	3,355
電力量 料金（円/月）			87,310			43,620
導入前後での電力量料金の削減率 （③－⑥）／③（%）						50

※ 電力量料金単価を 13 円/ｋWh として算出

5.2　流量調整ポンプの運転手法

5.2.1　運転手法概要

汚水計量槽の調整用四角堰を高くして、流量調整槽への戻り汚水量を少なくし、流量調整ポンプの稼動時間を短縮する。

【解説】

大多数の農業集落排水施設には流量調整槽が設置されており、二次処理設備の処理機能を十分発揮させるために汚水の流量変動を調整し、汚水を均等に移送するため流量調整ポンプが設置されている。この流量調整ポンプは汚水計量槽へ送水を行うが、送水時には多めに送水し、戻り汚水量で回分槽への流入量の調整を行うため、汚水計量槽の四角堰からオーバーフローで流量調整槽に戻ることとなり、同ポンプの稼働時間が大きくなっているのが実状である（**図 5.2.1** 参照）。

今回、流入負荷や処理状況の確認を行った上で、汚水計量槽の四角堰の堰を高くして戻り汚水量を少なくし、流量調整ポンプの稼動時間を短縮することにより、省エネ運転を行うものである。

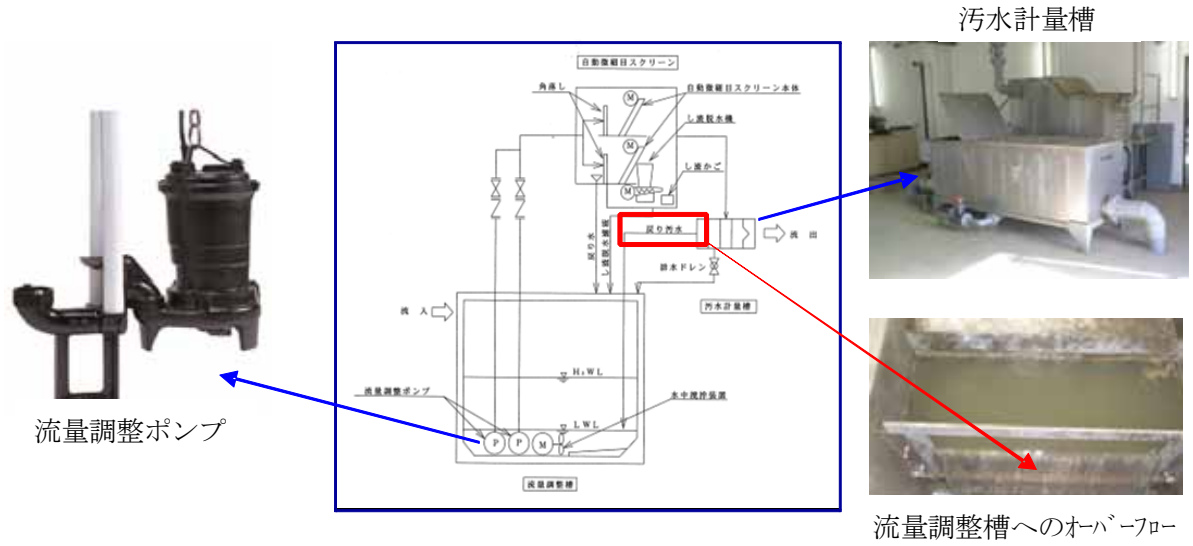


図 5.2.1　流量調整ポンプと汚水計量槽の関係

5.2.2　適用方式

汚水計量槽から流量調整槽への戻り汚水量を少なくし、流量調整ポンプの稼動時間を短縮する運転手法は、流量調整槽を有する全型式に適用できる。

【解説】

汚水計量槽の調整用四角堰を高くして、流量調整槽への戻り汚水量を少なくし、流量調整ポンプの稼動時間を短縮する運転手法は、流量調整槽を有するすべての JARUS 型式に適用できる。

特に回分方式の場合は後段に沈殿槽を有していないため、戻り汚水量を少なくして回分槽への移送水量が多くなっても、処理性能に与える影響は少ないと考えられる。

なお、流量調整槽を有していない JARUS 型式はⅠ型、Ｓ型、Ⅱ型及びⅤ型であり、これらの型式は適用外となる。

また、JARUS－膜分離活性汚泥方式では流量調整槽はないが、流量調整機能を有している脱窒槽があるため適用可能であると考えられるが、処理性能と直結するため、本方式への適用には処理水質の確認等注意が必要である。

5.2.3 設計・運転設定における留意点

処理水質への影響や沈殿汚泥の流出が発生しないように、流量調整ポンプの稼動時間を適正に設定することが必要である。

【解説】

流入負荷や処理状況の確認を行った上で汚水計量槽における戻り汚水量を少なくし、後段の処理槽への汚水投入時間が短くなるように、流量調整ポンプの稼動時間を適正に設定することが必要である。特に回分方式以外の処理方式でこの運転手法を検討する場合には、流入水量負荷が小さく、また沈殿槽の水面積負荷に十分な余裕があることが前提となる。いずれにおいても処理水質への影響や沈殿汚泥の流出等が発生しないように留意することが必要である。

5.2.4 維持管理における留意点

処理施設の流入特性や現状の流量調整槽の運転方法及び流量調整ポンプの運転手法を把握した上で、後段の水槽における水位及び汚泥堆積状況を確認しながら流量調整ポンプの運転時間を調整することが必要である。

【解説】

処理施設の流入特性や現状の流量調整槽の運転方法及び流量調整ポンプの運転手法については、維持管理業者への聞き取りと現地調査を行い、処理状況を確認した上で流量調整ポンプの運転設定を行うことが必要である。また、処理性能へ影響を与えて水質を悪化させたり、汚泥の流出をまねくことがないように、後段の水槽における水位及び汚泥堆積状況を確認しながら実施することが重要である。

5.2.5 実証事例

(1) 実証地区の概要

本実証調査は茨城県美浦村の舟子地区で行った。この地区は、昭和 61 年に供用となった処理施設（1,300 人規模、JARUS－ＸⅡ型＋高度処理設備）に、平成 15 年に増築して供用を開始した新設処理施設（1,760 人規模、JARUS－$ＸⅡ_H$型）の回分方式（3,060 人規模）である。今回の実証調査は新設処理施設を使用した。

舟子地区の新設ブロックフローシートを**図 5.2.2** に示した。

現状の流入汚水量は新設処理施設の計画汚水量（475m^3／日）の 85%程度であった。

1．装置の概要

(1) 処理方式　　：鉄溶液注入回分式活性汚泥方式

(2) 処理対象人員：3,060 人（日平均汚水量　827 m^3/日）

(3) 処理工程

［新設施設］

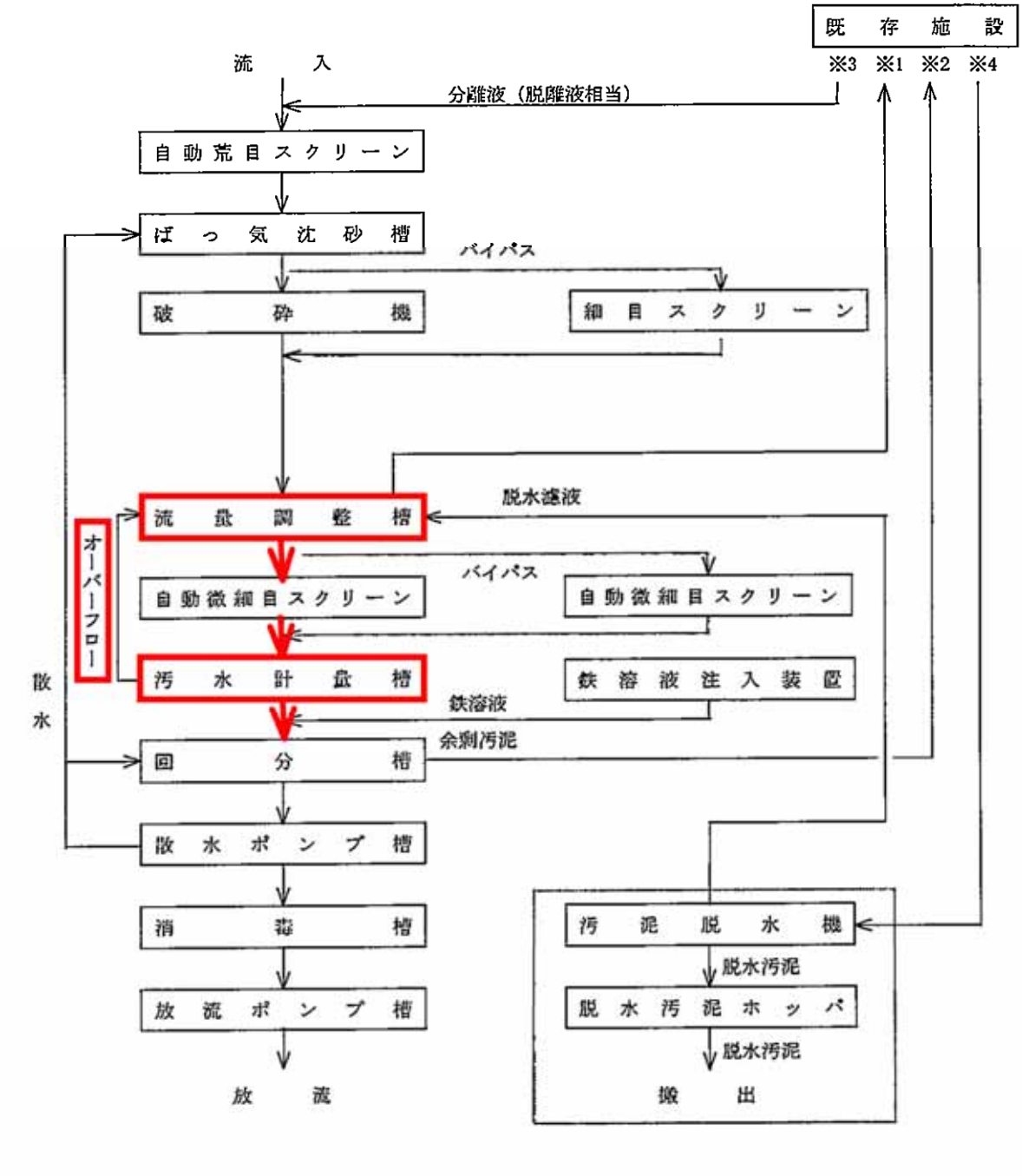


図 5.2.2　舟子施設新設ブロックフローシート

今回の流量調整槽及び調査対象機器の流量調整ポンプ等の仕様を**表 5.2.1** に示す。流量調整槽は 1 槽構造であり、流量調整ポンプは 2 台、汚水計量槽は 1 基設置されている（**写真 5.2.1**）。

表 5.2.1　流量調整槽及び流量調整ポンプ等の仕様

水槽及び機器	仕　　様
流量調整槽	幅 8.0m、長さ 9.0m、水深 3.5m（有効水深：2.7m） 実容量：194m^{3}の 1 槽、滞留時間：9.8 時間
流量調整ポンプ	水中汚水汚物ポンプ（着脱型） φ80㎜×0.52m^3/分×8.5m×3.7kW×2 台（内 1 台予備）
汚水計量槽	寸法：幅 0.8m×長 2.0m×高 1.2m×１基

写真 5.2.1　流量調整ポンプのスラブ上部配管（左写真）及び汚水計量槽（右写真）

（2）運転手法の導入方法

現状の流量調整槽の運転方法及び流量調整ポンプの運転手法について、維持管理業者への聞き取り調査と回分槽コントロールユニットの設定値から確認した。流量調整ポンプは、流量調整槽の水位レベルにより停止と稼動を繰り返す運転となっていた。また、2 台の流量調整ポンプは、回分方式の 1 サイクル 6 時間毎に起動する自動交互運転となっていた。

現状の運転方法及び運転手法で特に問題ないと認められるので、このままの設定で導入前と導入後の使用電力量を調査し省エネ効果を確認する。また、導入前後における処理性能の確認も行う。

回分槽への汚水流入量の調整は汚水計量槽の戻し流量（四角堰）により行うが、今回の導入後実証調査では汚水計量槽からの戻し流量を全量止めて、汚水を全量回分槽へ移送することとした。

この導入調査前後の試験条件を**表 5.2.2** に示した。なお、汚水計量槽からの戻し流量を抑える方法は、戻り配管の流出口をフランジ板で押さえることで対処した（**写真 5.2.2** 参照）。

表 5.2.2　汚水計量槽における運転調整条件

	導入前運転	導入後運転
調査期間	H24 年 11/6～12/3	H24 年 12/5～H25 年 1/7
汚水計量槽戻し流量の有無	あり	なし
回分槽への平均汚水流量（m^3／分）	0.68	0.82
平均的な汚水流入時間　　（ 分 ）	94.5	78.8

写真 5.2.2　汚水計量槽の戻し流量を抑えた状況

（3）使用電力量及び省エネ効果

汚水計量槽からの戻し流量の有無による運転前後での流量調整ポンプ 2 台における電力量と電力量料金を**表 5.2.3** に示した。

導入前後での流量調整ポンプの使用電力量（２台合計）で導入前が 33.6kWh／日、導入後で 28.4kWh／日であり、使用電力量料金での両者の差は①－②＝68 円／日と小さく、年間でも 24,800 円／年程度の省エネ結果であった。

また、導入前後において処理機能の確認を行ったが、処理性能に大きな差はなく、汚水計量槽からの戻し流量の有無による回分槽の処理性能への影響は少ないと認められた。

表 5.2.3　汚水計量槽の戻し流量の有無による流量調整ポンプの電力量料金の比較

	導入前運転条件			導入後運転条件		
実施期間	H24 年 11/6～12/3			H24 年 12/5～H25 年 1/7		
流量調整槽ポンプ	NO.1	NO.2	２台合計	NO.1	NO.2	２台合計
平均使用電力量（kwh／日）	16.5	17.1	33.6	14.6	13.8	28.4
平均使用電力量料金（円／日）			① 437			② 369
導入前後での使用電力量料金の削減率（①－②）／①（%）						16

※電力量料金単価を 13 円／kWh として算出

5.3　ばっ気撹拌装置及びばっ気ブロワの運転手法

5.3.1　運転手法概要

ばっ気撹拌装置及びばっ気ブロワの運転手法は、処理水質及び運転管理に支障のない範囲で運転手法を変更し、処理施設機器の稼働時間の調整などを考慮し、その省エネ効果を十分に発揮できるように留意する。

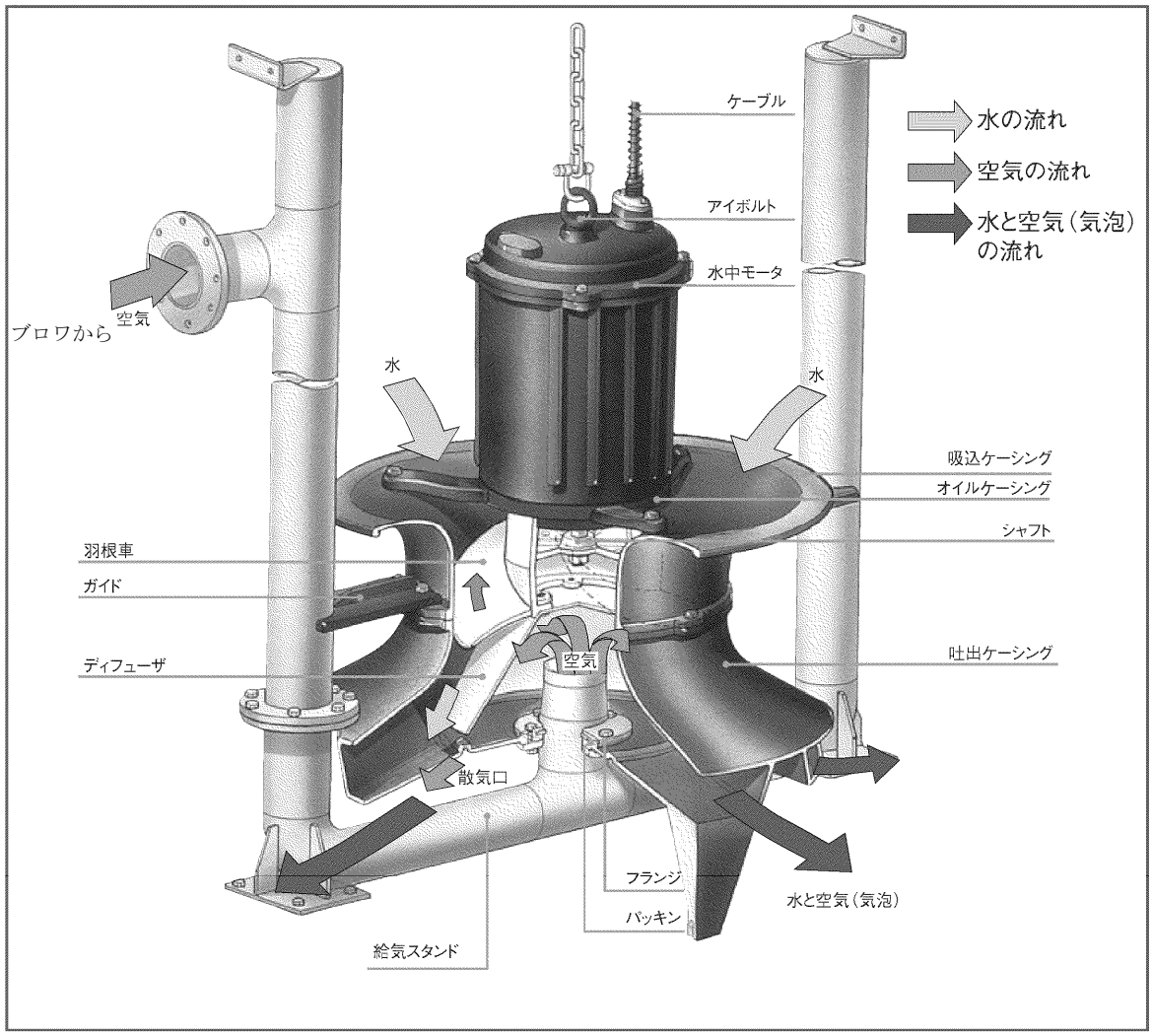
【解説】

現地の流入条件やばっ気撹拌装置・ばっ気ブロワの運転状況を把握し、対象機器の稼働時間を調整した運転手法へ変更し、処理水質を確保しながら電気料削減を目指した省エネ効果を確認するものである（**写真 5.3.1** 及び**図 5.3.1** を参照）。

本手法は、ばっ気撹拌装置の稼働時間の短縮、ばっ気風量、ばっ気時間の調整を主とした運転方法を行い、簡易水質測定キット（パックテスト等）による水質測定（以下、簡易測定という。）により処理性能を現場で確認しながら、適切な省エネ運転条件を見つけ出す手法である。

ばっ気撹拌装置　　ばっ気ブロワ

写真 5.3.1　対象機器類の写真



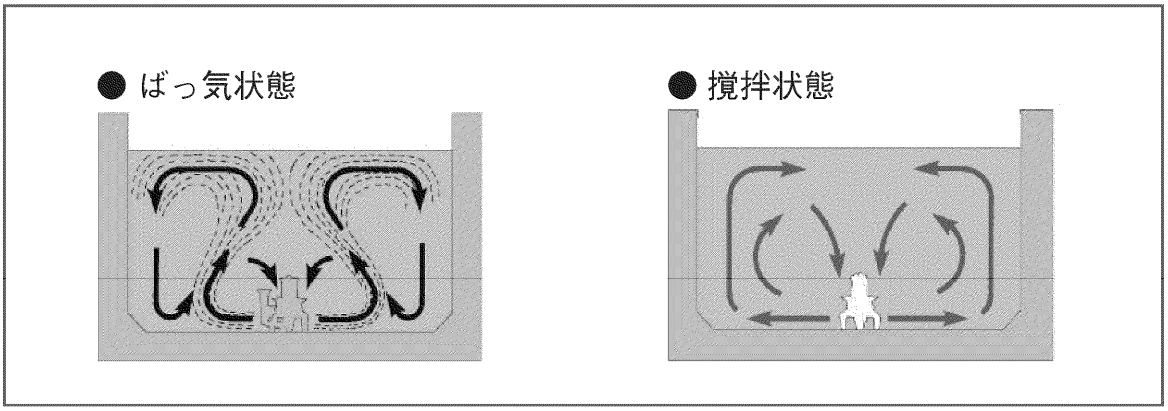


図 5.3.1　ばっ気撹拌装置構造図

5.3.2　適用方式

本運転手法は、ばっ気撹拌装置以外にも、ばっ気槽に散気装置を用いた方式にも適用できる。

【解説】

本運転手法は、水中ばっ気撹拌装置とブロワの組み合わせ運転以外にも、散気装置とブロワの組み合わせの運転にも適用できる。

適用する際には、ばっ気撹拌装置の場合は、ブロワの風量調整により、また、散気装置を用いた場合は、タイマー運転によるばっ気時間調整により適用が可能となる。

なお、JARUS 型施設で適用できる方式は、ＯＤ方式、回分式活性汚泥方式、連続流入間欠ばっ気方式が該当する。

5.3.3　設計・運転設定における留意点

設計段階では供用開始時の低負荷を考慮した機種の選定、また、実運転時には、その機能を生かして、流入負荷量に見合う運転設定が容易に対応できることが必要である。

【解説】

ばっ気槽は、硝化及び脱窒を効率的に行うため、ばっ気撹拌工程、撹拌工程を時間で区切って運転する。このため、点検は、ばっ気撹拌・撹拌の両工程について行うことが大切である。

各単位装置は、運転操作の自由度が高いことから、管理に当たっては、その機構、取扱方法をよく理解する必要があり、運転管理の経験とデータを整理分析し、運転調整に活かすことも重要である。また、ばっ気撹拌・撹拌工程時間を設定する自動制御機器（コントローラ等）及びばっ気撹拌装置等の取扱いについては、それぞれの取扱説明書により、十分に把握する必要がある。

なお、具体的な省エネ運転手法につては、「**5.4　オキシデーションディッチ（ＯＤ）ばっ気撹拌装置の運転手法**」の「**5.4.3　設計・運転設定における留意点**」を参照。

5.3.4　維持管理における留意点

本省エネ運転手法は、流入負荷量に併せた運転を行うものであり、現状の流入負荷の把握と水質分析値（特にNH_4－Ｎ、NO_2－Ｎ、NO_3－Ｎ）の確認を継続して行う必要がある。

【解説】

ばっ気撹拌装置の運転方法でどのような運転方法が可能なのか、また、現状の運転方法がどのような方法なのかを把握する。その上で流入負荷量に見合った運転方法（ブロワの風量調整、ばっ気時間調整方法等）を選択し、実施する必要がある。

また、連続流入間欠方式では、硝化・脱窒が進行するため定期的にNH_4－Ｎ、NO_2－Ｎ、NO_3－Ｎ濃度を測定し、その硝化・脱窒状況を確認する必要がある。本省エネ運転手法は当該施設での水質結果をばっ気撹拌装置の運転に反映させることを継続することが求められる。

なお、当初のNH_4－Ｎ濃度が高い場合には、硝化のために必要な空気量が増加し電力量は増加するが、NH_4－Ｎ濃度が低減し、NO_2－Ｎ＋NO_3－Ｎの合計濃度が 10mg／L 以下に落ち着いた場合には省エネ効果が望める。

5.3.5　実証事例

(1) 実証地区の概要

山口県下関市に位置する楢崎地区（**写真 5.3.2** 参照）は、処理対象人口 1,320 人の連続流入間欠ばっ気方式（脱窒、高度脱リン型）で平成 16 年から供用を開始した施設であり、現在の流入水量当たりの供用率は 77.3%程度となっている（**表 5.3.1**）。

表 5.3.1　楢崎地区の施設概要

県／市町村名	山口県／下関市
地区名	楢崎地区
処理方式	JARUS-ＸⅣ$_{P1}$型
処理対象人口	1,320 人
計画流入汚水量	357ｍ^3／日
現状の供用率（%）	77.3%
系列数	１系列
計画処理水質	ＢＯＤ　20mg／Ｌ ＳＳ　50mg／Ｌ Ｔ－Ｎ　15mg／Ｌ Ｔ－Ｐ　1mg／Ｌ

写真 5.3.2　楢崎地区処理場　全景と調査対象機器等

(2) 運転手法の導入方法

本地区の省エネ運転については、施設動力の主要機器であるばっ気ブロワを対象とし実施を行った。処理方式は JARUS-XIV$_{P1}$型であり、ばっ気撹拌装置にばっ気ブロワで送気することにより、好気処理を行う方式である（**図 5.3.1**）。

省エネ運転の手法としては、現状においてばっ気撹拌装置への送気能力が高すぎると判断できる（ばっ気撹拌装置の真上に空気が吹き上がっている状態（**写真 5.3.4**））ため、ばっ気ブロワの送気能力をインバータの周波数を落とすことにより調整し、細かい気泡にてばっ気槽全体に行き渡るようにした。

ばっ気風量としては下記のように設定を行った（**表 5.3.2**）。

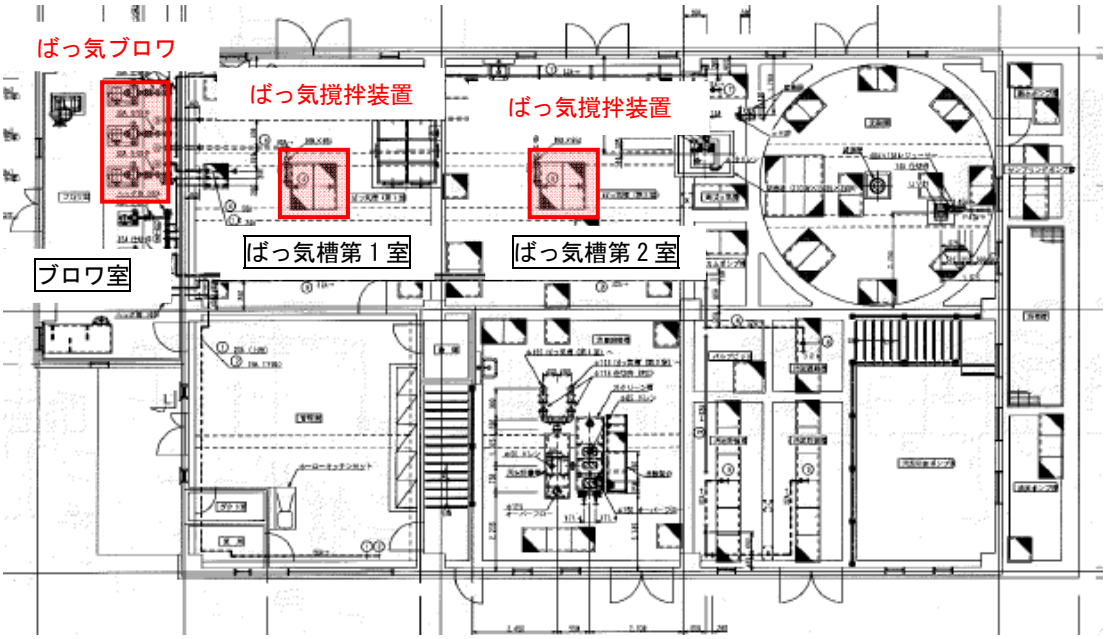


図 5.3.1　楢崎地区 設備平面図　　※ 赤字は省エネ対象機器

表 5.3.2　省エネ前後におけるばっ気風量

	ばっ気槽第１室	ばっ気槽第２室
省エネ運転 前	140m³/h	70m³/h
省エネ運転 後	60m³/h	40m³/h

ばっ気槽第１室 状況

ばっ気槽第２室 状況

写真 5.3.3　ばっ気槽の状況

また、ばっ気風量を落としたことにより、硝化不足となることが考えられることから、ばっ気終了時にばっ気槽第２室において、簡易測定を実施して、NH_4-N（アンモニウム態窒素）が 0.2mg/L 付近の値もしくはそれ以下の値を目安として、ばっ気時間の調整を行った（**写真 5.3.4**）。

写真 5.3.4　簡易測定の実施状況

(3) 使用電力量及び省エネ効果

導入前後における電力量と電力量料金を**表 5.3.3** に示した。

楢崎地区のブロワの使用電力量は導入前が 62.9kWh／日、導入後で 35.9kWh／日であり、使用電力量料金での両者の差は①－②＝351 円／日となり、年間では 128,115 円／年程度の省エネ結果であった。これは、ばっ気ブロワ３台の風量をインバータにて抑制し、適正な風量に変更した結果である。

表 5.3.3　省エネ効果確認

楢崎地区	導入前運転結果				導入後運転結果			
実施期間	H24 年 7 月 24 日 ～ H24 年 8 月 6 日				H24 年 10 月 30 日 ～H24 年 11 月 12 日			
ブロワ	NO.1	NO.2	NO.3	合計	NO.1	NO.2	NO.3	合計
平均使用電力量（kWh／日）	21.2	20.9	20.8	62.9	12.2	12.0	11.7	35.9
平均使用電力量料金（円／日）※				① 818				② 467
導入前後での使用電力量料金の削減率（①－②）／①（%）								43

※電力量料金単価を 13 円/ kWh として算出

また、ばっ気ブロワ、ばっ気撹拌装置の風量の調整による省エネ運転手法での処理性能を確認、比較するため、流入水、ばっ気槽、消毒槽前の放流水質を採取し、省エネ運転導入後の水質分析を実施したところ、処理水質に大きい変化は見られなかったことから、適正な省エネ運転が実施されたと判断できる。

5.4　オキシデーションディッチ（ＯＤ）ばっ気撹拌装置の運転手法

5.4.1　運転手法概要

ＯＤ方式ばっ気撹拌装置の省エネ運転手法は、現場での簡易測定により処理性能を確認しながら、適正なばっ気撹拌装置の省エネ運転条件を決定するものである。

【解説】

オキシデーションディッチ方式はトラック状の無終端水路のオキシデーションディッチ（以下「ＯＤ」という。）槽において、ＯＤ方式ばっ気撹拌装置を運転することで、酸素供給及び汚水と混合液の混合撹拌を行うことで処理される。ＯＤ方式の概略のフローシートを**図 5.4.1** に示す。

ＯＤ方式ではこのＯＤ方式ばっ気撹拌装置の運転が処理性能を左右し、また、使用電力量も処理設備の中でも最も大きい機器の一つであり、省エネ運転が望まれている。

現在、集落排水施設でのＯＤ方式は約 370 地区で採用されており、そのＯＤ方式ばっ気撹拌装置には以下の３機種が主に用いられ、３機種ごとに多数の民間企業が製造している。

① 横型ばっ気撹拌装置
② 縦型ばっ気撹拌装置
③ 斜め型ばっ気撹拌装置

ＯＤ方式ばっ気撹拌装置は民間企業毎に独自の運転制御手法を有している場合が多い。本運転手法は、流入負荷量に併せてＯＤ方式ばっ気撹拌装置の省エネ運転を行う手法であり、機種ごとの運転制御を確認して実施することになる。

本運転は、①タイマー運転でのＯＤ方式ばっ気撹拌装置の稼働時間の短縮、②ＯＤ方式ばっ気撹拌装置の回転数を下げた運転、又はこれら併用を行なった上で、簡易水質測定キット（パックテスト等）による水質測定（以下、簡易測定という。）により処理性能を現場で確認しながら、適切省エネ運転条件を見つけ出す手法である。

なお、横型ばっ気撹拌装置については回転数を下げすぎると、ＯＤ槽内の流速を保てない場合があるので、注意が必要である。

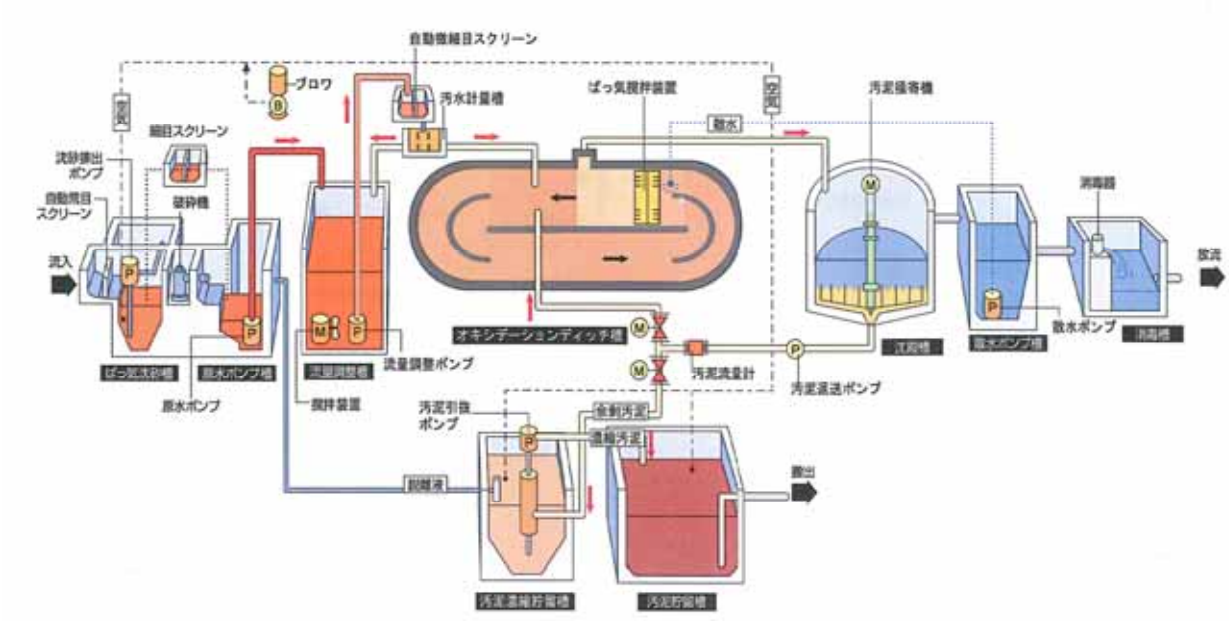


図 5.4.1　JARUS-ＯＤ方式のフローシート

5.4.2　適用方式

本運転手法は、ＯＤ方式向けであるが、ばっ気撹拌装置を使用する他の方式にも共通して適用できる。

【解説】

ＯＤ方式ばっ気撹拌装置はブロワによる空気供給がない表面ばっ気式のばっ気撹拌装置であるが、本運転手法は、現場で簡易測定により水質を確認しながら省エネ運転を行う方法で、基本的に他方式の回分活性汚泥方式や連続流入間欠ばっ気方式におけるばっ気撹拌装置とブロワの組合せの運転にも適用できる。

他方式に適用する際には、ばっ気撹拌装置の回転数を変更できる場合（インバーター制御）は回転数制御、又はブロワの風量調整により適用が可能となる。

JARUS 型施設の場合は以下の型式が該当する。

ＯＤ方式　　（JARUS-ＯＤ型、ＯＤH 型）
回分式活性汚泥方式　　（JARUS-ＸⅠ96 型、ＸⅡ96 型、ＸⅡG 型、ＸⅡH 型）
連続流入間欠ばっ気方式（JARUS-ＸⅣ96 型、ＸⅣp 型、ＸⅣp1 型、ＸⅣH 型、ＸＶ型）

5.4.3　設計・運転設定における留意点

設計段階でＯＤ方式ばっ気撹拌装置のタイマー運転や回転数制御等が可能な機種の選定、また、実運転時にはその機能を生かして、流入負荷量に合わせた運転設定が容易にできることが必要である。

【解説】

ＯＤ方式の処理性能は、ＯＤ方式ばっ気撹拌装置の運転により左右される。このため設計段階で初期運転手法や流入負荷量に併せた運転手法が可能な機種を選定する必要がある。

ＯＤ方式ばっ気撹拌装置の運転手法は、機種毎及び製造メーカ毎に異なっているので、それぞれ運転方法を確認する必要がある。たとえば、以下の運転手法が挙げられる。

①　タイマー運転
②　回転数制御運転
③　運転台数の変更運転
④　ＤＯ制御運転
⑤　①～④の組合せ運転

なお、これらの運転手法を維持管理業者が自由に容易に運転設定できること及び運転時にその活用が必要である。

写真 5.4.1　簡易測定の実施状況

具体的な省エネ運転手法は、上記の①と②の運転のケースでは以下のとおりである。

省エネ運転では簡易測定を行い（**写真 5.4.1** 参照）のNH_4－Ｎ濃度で５㎎／Ｌ以下を運転の目安とし、**図 5.4.2** にタンマー運転での実施例を示した。

なお、ばっ気撹拌装置の回転数制御の場合には稼働時間を回転数と読み替える。

① 現状での運転条件（タイマーの設定条件、ばっ気撹拌装置の回転数の確認）

② 簡易測定でのNH_4－Nの測定（NO_2－N、NO_3－Nも同時に測定）
NH_4－N濃度が５㎎／Ｌ以下であれば、ばっ気撹拌装置の稼働時間の短縮または、回転数をインバーターで下げる。反対にNH_4－N濃度が５㎎／Ｌ以上の場合にはばっ気撹拌装置の稼働時間や回転数を上げる。

③ 運転変更の１週間程度後に再度NH_4－N、NO_2－N、NO_3－Nを測定し、その濃度によりばっ気撹拌装置の運転条件を変更する。

④ 運転が安定した際に処理水の採水を行い、公定法での水質分析を実施し処理性能の確認及び簡易測定値との比較を実施する。また、処理性能が安定している場合には測定頻度を下げることも検討。

ここで、運転指標とするNH_4－N濃度の設定値により、ばっ気撹拌装置の運転条件は異なってくる。この値は放流規制値やこれまでの運転状況を踏まえてセットする必要がある。また、③における稼動時間や回転数の変更は②での変更割合を基に決めていく。

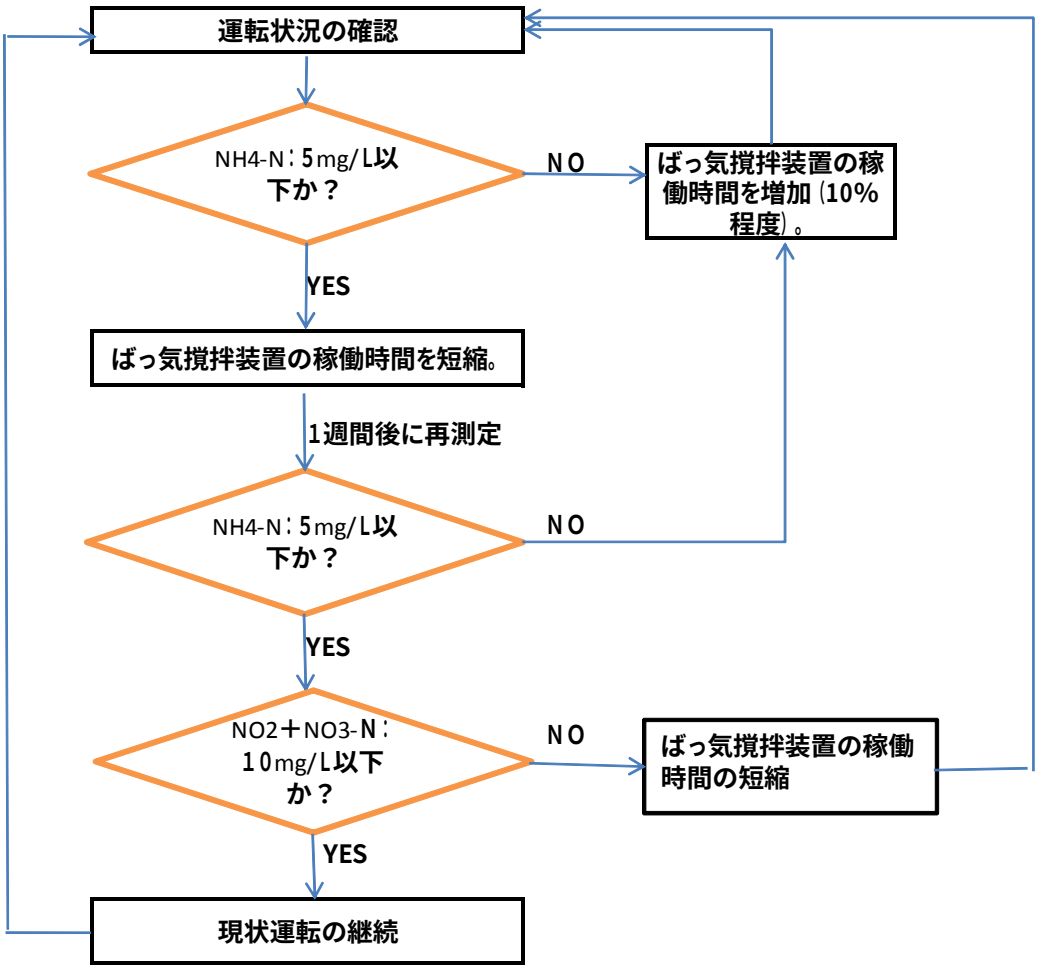


図 5.4.2　タイマー運転実施例

5.4.4　維持管理における留意点

本省エネ運転手法は、流入負荷量に併せた運転を行うものであり、現状の流入負荷の把握と水質分析値（特にNH_4－N、NO_2－N、NO_3－N）の確認を継続して行う必要がある。

【解説】

ＯＤ方式ばっ気撹拌装置の運転方法でどのような運転方法が可能なのか、また、現状の運転方法がどのような方法なのかを把握する。その上で流入負荷量に見合った運転方法（前述の①～⑤）を選択し、実施する必要がある。

また、長時間ばっ気方式であるＯＤ方式では硝化・脱窒が進行するため定期的にNH_4－N、NO_2－N、NO_3－N濃度を測定し、その硝化・脱窒状況を確認する必要がある。本省エネ運転手法はこの現場での水質結果をばっ気撹拌装置の運転に反映させることを継続することが求められる。

なお、当初のNH_4－N濃度が高い場合には、硝化のために必要な空気量が増加し電力量は増加するが、NH_4－N濃度が低減し、NO_2－N＋NO_3－Nの合計濃度が 10mg／L 以下に落ち着いた場合には省エネ効果が望める。

5.4.5　実証事例

（1）実証調査地区の概要

本実証調査は茨城県美浦村安中・大須賀津地区で実施した。

安中・大須賀津地区は、処理対象人口 6,700 人のＯＤ方式＋高度処理設備の方式で平成９年から供用を開始した施設であり、現在の流入水量当たりの供用率は 63.5%程度となっている。

同地区の施設概要を**表 5.4.1** に、また、ＯＤ槽における写真を**写真 5.4.2** に示した。

表 5.4.1　安中・大須賀津地区の施設概要

市町村名	茨城県　美浦村
地区名	安中･大須賀津地区
処理方式	OD型+高度処理施設
処理対象人口	6,700人
計画流入汚水量	1,809m3／日
現状の供用率	63.5%
系列数	2系列
計画処理水質	BOD　10mg/L SS　15mg/L T-N　15mg/L T-P　2mg/L

ＯＤ槽の全景

ＯＤ方式ばっ気撹拌装置

ばっ気撹拌装置：縦軸ロータ

写真 5.4.2　安中・大須賀津地区のＯＤ写真

(2) 運転手法の導入方法

本実証調査におけるＯＤ方式ばっ気撹拌装置は**図 5.4.3** に示すように長円形のＯＤ槽の端部に２台設置され、この機器仕様は**表 5.4.2** のとおりである。ばっ気撹拌装置はＯＤ槽に２台設置され、主にばっ気を行う No.１ばっ気撹拌装置（主機ロータ）と撹拌主体の No.２ばっ気撹拌装置（補機ロータ）から構成されている。

ばっ気撹拌装置（No.１及び No.２）運転条件は流量調整槽ポンプとの連動になっており、かつ、２台の縦軸ロータの回転数は最大の高速回転数が異なっている。

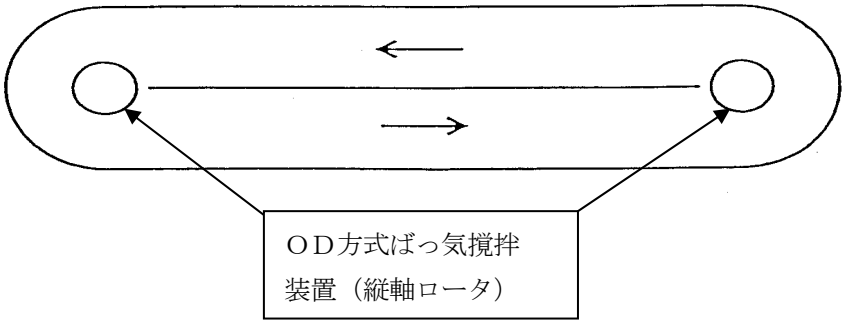


図 5.4.3　ＯＤ槽におけるばっ気撹拌装置（縦軸ロータ）の設置位置

表 5.4.2　ＯＤ方式ばっ気撹拌装置の仕様

機　器	仕　様
ばっ気撹拌装置	縦軸ロータ　インペラ径 1.9m（SUS 製） 200Ｖ×11ｋＷ×２台（ＯＤ１系列当たり）

今回のＯＤ方式ばっ気撹拌装置の運転制御は、**写真 5.4.3** に示したＤＯコントロールユニットで行っており、ばっ気撹拌装置の回転数や運転時間の変更を実施した。

今回の実証調査における具体的な省エネ運転手法は以下のとおりである。

運転変更前のばっ気撹拌装置はほぼ高速運転の時間が多いので、タイマー運転を行わずにインバーターによる回転数の変更とした。

今回の省エネ運転では簡易測定で５mg／Ｌ以下の運転を目安として以下の運転手法とした。

① 現状での運転条件（ばっ気撹拌装置の回転数、タイマーの確認）

② 簡易測定のNH_4－Ｎの測定（NO_2－Ｎ、NO_3－Ｎの測定は参考）
NH_4－Ｎ濃度が５mg／Ｌ以下であれば、ばっ気撹拌装置の回転数をインバーターで１～２Hz 下げる。反対にNH_4－Ｎ濃度が５mg／Ｌ以上の場合にはばっ気撹拌装置の回転数をインバーターで１～２Hz 上げる。

写真 5.4.3　ばっ気撹拌装置の
ＤＯコントロールユニット

③　運転変更の１週間後に再度NH_4－N、NO_2－N、NO_3－Nの測定を測定し、その濃度によりばっ気撹拌装置の運転条件の確認や変更を行う。
④　運転が安定した際に処理水の採水を行い、水質分析を実施。

なお、今回測定したNO_2－N、NO_3－N濃度はほぼゼロであり、硝化したNOx－Nは全て脱窒していた。

(3) 使用電力量及び省エネ効果の確認

ＯＤ方式ばっ気撹拌装置の NO.1 及び NO.2 の回転数（インバーター周波数）を変更して得られた使用電力量と電力量料金について変更前後の比較を行い、**表 5.4.3** 及び**表 5.4.4** に示した。

ＯＤ方式ばっ気撹拌装置の NO.1 及び NO.2 の合計使用電力量では 9%削減され、これにより年間の使用電力量料金では 69,300 円／年の削減となった。

（導入前の平均使用電力量－導入後平均使用電力量）×365 日／年×13 円／kWh

＝（158.3－143.7）kWh/日×365 日／年×13 円／kWh＝69,300 円／年

ここで、省エネ効果がさほど大きくない理由は、省エネ運転前の時点でＯＤ方式ばっ気撹拌装置の NO.1 及び NO.2 ともに適正な回転数とモート運転（昼間運転と夜間運転の切替）の実施により、既に省エネ運転がなされていたことにある。

省エネ運転の効果については、省エネ運転結果の比較対象をどこに設定するのかで、かなり評価が異なってくる。当然のことながら、省エネ運転が既に実施されているケースでは、更に省エネ運転を実施してもその効果は低くなる。

表 5.4.3　ＯＤばっ気撹拌装置における省エネ運転前後の電力量比較

H24年	ＯＤばっ気撹拌装置 No.1の日平均使用電力量（ｋＷｈ/日）	ＯＤばっ気撹拌装置 No.2の日平均使用電力量（ｋＷｈ/日）	合計使用電力量（ｋＷｈ/日）
導入前 (1/25～3/6)	114.8	43.5	158.3
導入後 (10.17～12/9)	106.1	37.6	143.7
備考	なお、導入前の使用電力量測定データは以下のとおり。 ＯＤばっ気撹拌装置No.1の測定データは1/25～1/30、2/15～3/6。 ＯＤばっ気撹拌装置No.2の測定データは2/1～2/13		

表 5.4.4　ＯＤばっ気撹拌装置における省エネ運転前後の使用電力量料金

	導入前運転結果			導入後運転結果		
実施期間	H24年1/28～3/6			H24年10/17～12/9		
ODばっ気撹拌装置 撹拌装置	① No.1 主機	② No.2 補機	③合計 (①＋②)	④ No.1 主機	⑤ No.2 補機	⑥合計 (④＋⑤)
平均使用電力量 (kWh/日)	114.8	43.5	158.3	106.1	37.6	143.7
平均使用電力量 料金（円/日）	1,492	566	2,058	1,379	489	1,868
導入前後での使用電力料金の削減率 (③－⑥）／③（%）						9

※ 電力量料金を 13 円/kWh として算出

5.5 脱臭ファンの運転手法

5.5.1 運転手法概要

脱臭装置の脱臭ファンの運転をタイマーによる間欠運転で行う。

【解説】

農業集落排水において脱臭装置は、処理施設の臭気対策のために活用されている。脱臭装置及び換気装置の構成例を**図 5.5.1** に示した。

これらの装置は 24 時間連続運転されている場合が多い。このうち、脱臭装置は処理施設の設置位置や処理方式によっては 24 時間連続運転ではなく、間欠運転（例えば夜間の運転停止等）でも十分対応できる場合がある。今回、脱臭ファンの運転をタイマーによる間欠運転とすることで、省エネ運転を行うものである。

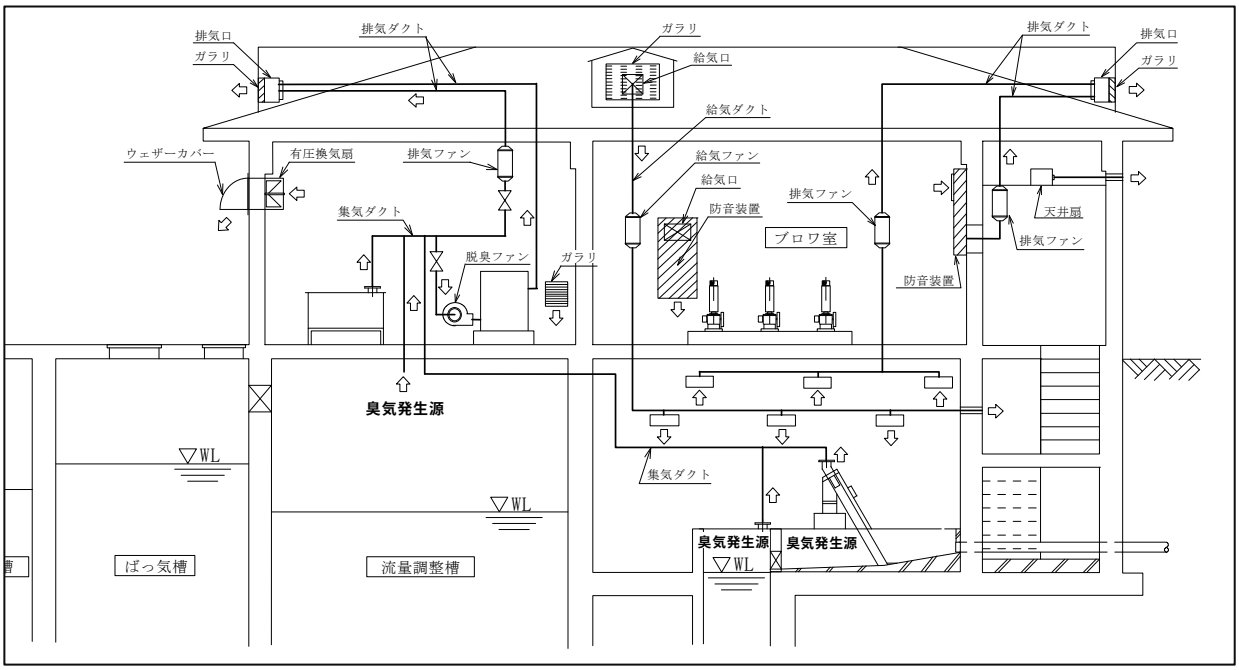


図 5.5.1 脱臭装置など換気装置の構成例

5.5.2 適用方式

脱臭ファンの運転をタイマーによる間欠運転とする手法は、すべての脱臭方式で適用できる。

【解説】

農業集落排水施設の脱臭方式には、一般的に下記の方式が用いられている。

① 活性炭吸着法
② 生物脱臭法
③ 土壌脱臭法
④ 組合せ脱臭法（②＋①）

すべての脱臭方式で脱臭ファンは使用するため、脱臭ファンの省エネ運転手法はどの脱臭方式にも適用できる。

5.5.3　設計・運転設定における留意点

脱臭ファンをタイマー運転とする場合、処理施設の近隣に民家等がなく、脱臭ファンを停止しても特に支障がないことの確認が必要である。また、換気装置の運転方法も確認した上で脱臭ファンの運転時間を設定する必要がある。

【解説】

処理施設の主な臭気発生源である前処理室や処理槽等の臭気は、局所排気として捕集し脱臭装置で脱臭した後排気している。脱臭装置の設置は近隣に民家等がある場合や風向きによってにおいがする等の理由から設置する場合が多いため、タイマー運転によって脱臭ファンを停止しても周辺に影響を与えることなく、特に支障がないことが条件であり、近隣住民への配慮が必要である。また、換気装置の運転時間によっては脱臭ファンをタイマー運転によって停止した場合、臭気が処理施設内にこもり機器類に悪影響を与える場合もあるので、換気装置の運転方法も確認した上で脱臭ファンの運転時間を設定する必要がある。

5.5.4　維持管理における留意点

安全上の観点から維持管理者等が処理施設建屋内に入室する場合には、換気装置と合わせて脱臭装置を運転することが望ましい。

【解説】

安全上の観点から維持管理者等が処理施設建屋内に入室する場合には、換気装置と合わせて脱臭装置も運転することが望ましい。特に日常管理を地元住民が行っている場合や地下室に前処理施設がある場合には注意が必要である。

5.5.5　実証事例

（1）実証地区の概要

本実証調査は茨城県美浦村の安中・大須賀津地区で行った。（この施設の概要は「**5.4 ＯＤばっ気撹拌装置の運転手法**」の **5.4.5 実証事例**を参照。）

この処理施設の脱臭装置は活性炭吸着法である。活性炭吸着法の処理フローを**図 5.5.2** に示した。

農業集落排水施設における脱臭風量は、3～40m^3／分程度と比較的小風量であることから、吸着剤交換式のカートリッジ（パッケージ）充填方式が多用されている。

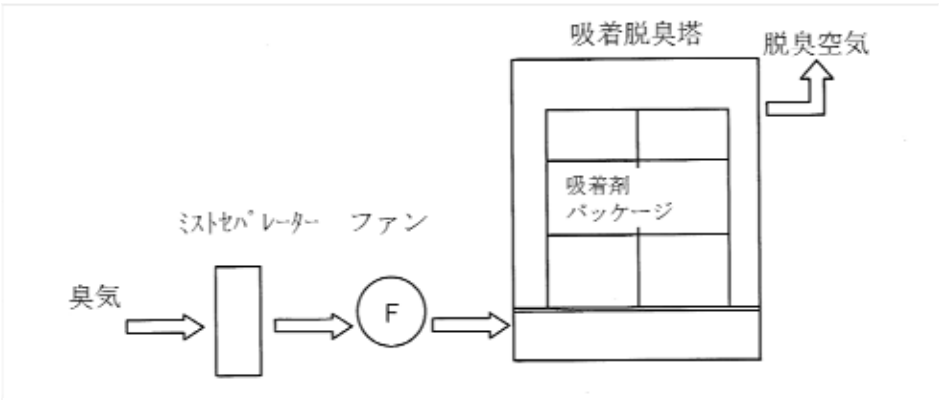


図 5.5.2　活性炭吸着法の処理フロー

本法の脱臭の原理は、臭気成分を活性炭あるいは薬剤添着活性炭等の吸着剤で、物理的又は化学的に吸着させて脱臭するものである。また、脱臭ファンの仕様として、「汚水処理施設及び汚泥処理施設の各部の局所排気を吸引捕集し、脱臭装置に送気するために設けるもので、連続運転に十分耐える構造」が求められている。

(2) 運転手法の導入方法

現状の脱臭装置の運転方法について維持管理業者への聞き取り調査と現地調査により確認した。

脱臭装置には 24 時間タイマーが設置してあり、既に夜間の時間帯に運転の停止が組み入れてあった。したがって、タイマーにより現状よりも長い間欠運転が可能である。

脱臭ファンの仕様を**表 5.5.1** に示す。また、脱臭装置及び脱臭ファンの設置状況を**写真 5.5.1** に示した。

表 5.5.1　脱臭ファンの仕様

機　　器	仕　　様
脱臭装置	活性炭吸着方式（カートリッジ充填方式）
脱臭ファン	通気量：30m^3／分 回転数：4,130rpm 静　圧：230mmAq　　3.7kW×1 台

写真 5.5.1　脱臭装置及び脱臭ファンの設置状況

脱臭ファンにはタイマー（**写真 5.5.2**）が設置されており、既に導入前調査の段階で夜間帯に間欠運転が実施されていた。

導入前運転時のタイマー運転条件は下記のとおり。

○停止時間　2:45 ～ 5:00

○稼動時間　21.75 時間

維持管理業者に脱臭装置のタイマー運転について聞き取りしたが、前任の別の維持管理業者がセットしたままであり、意図的に実施していた状況ではなかった。

また、換気装置の給排気ファンにはタイマーはなく、維持管理業者が既に必要最小限の箇所（前処理室）のみ運転している状況であった。

本施設の周辺には民家等はなく、これまでも臭気に関する苦情等を受けたことはないとのことで、間欠運転による支障はないものと考えられる。

写真 5.5.2　脱臭ファンタイマー

脱臭ファンのタイマー変更条件を**表 5.5.2** に示した。

表 5.5.2　脱臭ファンのタイマー変更条件

	導入前運転条件	導入後運転条件	
Run.	Run.1	Run.2	Run.3
実施期間	H24 年 7/19～8/27	H24 年 10/17～12/3	H24 年 12/4～2/7
停止時刻	2:45～5:00	23:15～2:15　停止 2:15～3:15　稼動 3:15～6:00　停止	23:00～2:45　停止 2:45～3:00　稼動 3:00～6:00　停止
停止時間	2.25 時間	5.75 時間	6.75 時間
稼動時間 （稼動率）	21.75 時間 (100%)	18.25 時間 （84%）	17.25 時間 （79%）

(3) 使用電力量及び省エネ効果

脱臭ファンのタイマー変更による使用電力量及び電力量料金を算出し**表 5.5.3** に示した。

なお、比較には基本料金は含まない。

今回のタイマー変更前後（Run. 1 と Run. 3 の比較）での省エネ効果は、変更後が変更前に比較して削減率では 16%、 1 日当たりの削減額では 117 円、 1 年間で 42, 700 円／年の削減額となる。

今回は変更前の時点で既にタイマー運転を実施しており、その分省エネ効果が少ない結果となっている。

表 5.5.3　脱臭ファンのタイマー変更前後における電力量料金の比較

	導入前運転条件	導入後運転条件	
	Run.1	Run.2	Run.3
実施期間	H24 年 7/19～8/27	H24 年 10/17～12/3	H24 年 12/4～ H25 年 2/7
平均使用電力量 （kWh／日）	55.9	48.2	46.9
平均使用電力量料金 （円／日）	727	627	610
導入前後での使用電力量料金の削減率（%）	―	14	16

※電力量料金単価は 13 円／kWh として算出

第６章　省エネ技術の組合せと導入検討時期

省エネ技術は処理型式によっては対応する処理設備が元々なかったり、省エネ技術の適用が難しい場合がある。また、導入の検討時期も省エネ技術により異なるため、導入時期を逸しないようにする必要がある。

【解説】

管路施設に適用する省エネ技術は処理施設とは無関係であるが、処理施設に適用する省エネ技術は、各集排処理型式によっては、対応する処理設備が元々なかったり、省エネ技術の適用が難しい場合がある。また、省エネ技術の内容と導入の費用等により導入検討時期は、３段階（新設の設計段階、維持管理段階、更新整備段階）に分けられ、この導入タイミングを逸しないように検討する必要がある。

総じて、省エネ技術の中でも省エネ機器は機器費が高額になるケースがあるので、設計段階や更新整備採択検討段階で漏れないようにすべきである。また、省エネ運転技術は日常の維持管理段階での創意工夫であり、維持管理上で色々な省エネ運転がなされていると思われる。中でも機器の間欠運転を行うためのタイマー運転は設置コストが安価であり、維持管理上で積極的に実施すべき技術とみられる。

実証調査を行った10種類の省エネ技術について代表的な型式への適用と導入時期について**表6.1**に参考として示した。

表 6.1　省エネ技術について型式への適用と導入時期

省エネ技術				JARUS型式					省エネ技術の導入時期※3
				Ⅰ型（沈殿分離＋接触ばっ気）	Ⅲ型（嫌気ろ床＋接触ばっ気）	ＸⅠ型（回分）	ＸⅣ型（連続流入間欠ばっ気）	ＯＤ型（ｵｷｼﾃﾞｰｼｮﾝﾃﾞｨｯﾁ）	
省エネ機器	管路施設	1	管路施設における高効率水中ポンプ	○	○	○	○	○	①、③
		2	真空式管路における吸気弁※1	△	△	△	△	△	①、③
	処理施設	3	微細気泡ディフューザ※2	×	×	○	○	×	①、③
		4	高効率Ｖベルト	○	○	○	○	○	②
		5	太陽光発電	○	○	○	○	○	①、③
省エネ運転	処理施設	6	流量調整槽撹拌装置の運転手法	×	○	○	○	○	②
		7	流量調整ポンプの運転手法	×	△	○	△	△	②
		8	ばっ気撹拌装置及びばっ気ブロワの運転手法	×	×	○	○	○	②
		9	ＯＤばっ気撹拌装置の運転手法	×	×	○	○	○	②
		10	脱臭ファンの運転手法	○	○	○	○	○	②
備考	凡　例：○（適用可能）、△（条件付きで適応可能）、×（適用不適切） ※ １は、真空式管路に対してのみ適応となる。 ※ ２は、ＪＡＲＵＳ－ＸⅣGとＸⅣGPは既に微細気泡ディフューザを使用済み。 ※ ３は、導入の時期を次の３段階とした。　①新設の設計段階、②維持管理段階、③更新整備段階								

第７章　総括

省エネ技術は電気料金のコスト縮減に向けて積極的に実施すべき技術である。その導入の際に省エネ機器については費用対効果の確認、並びに処理性能に係わる主要な機器の省エネ運転手法については処理性能への影響を確認する必要がある。

【解説】

本技術資料は、省エネ機器と省エネ運転手法の２種類に区分けして、以下の技術概要や各段階での留意点を取りまとめている。なお（　）内は運転手法の内容である。

①機器（運転手法）概要
②導入条件及び適用方式（適用方式）
③設計・施工（設計・運転設定）の留意点
④維持管理における留意点
⑤実証事例

取りまとめた省エネ技術（10 種類）は今後とも集落排水施設にて積極的に導入し、電気料金のコスト縮減を行うべき技術であり、今後とも開発や適用が進むものとみられる。

なお、省エネ機器の導入する際には、建設費用に対する費用対効果や導入時期（更新整備）の見極めが必要である。

また、省エネ運転手法の省エネ効果の評価は、現状の流入負荷量、運転条件及び処理状況等により異なってくるので、留意する必要がある。加えて、処理性能に係る主要な機器（ばっ気ブロワ、ばっ気撹拌装置等）の省エネ運転を導入する際には、処理性能への影響度合いを確認する必要がある。

参考資料１．その他の省エネ技術の紹介

参考資料 1.1　返送汚泥ポンプへの竪型汚水汚物ポンプの適用

1.1.1　概要

沈殿槽の汚泥引抜設備として、通常用いられている無閉塞型汚泥ポンプの代わりに、安価な竪型汚水汚物ポンプを採用するものである。

【解　説】

沈殿槽の汚泥引抜設備として、通常用いられている無閉塞型汚泥ポンプの代わりに、安価な押込式の竪型汚水汚物ポンプを採用することにより、機器費と電力費の低減を図ることができる。機器の償却年数を 15 年として、機器費と 15 年間運転した場合の電力費を比較したものを**図 1.1.1** に示す。また、竪型汚水汚物ポンプは必要な設置スペースが小さいため、地階に設ける返送汚泥ポンプ室をコンパクトにすることができる。

沈殿槽の汚泥引抜に、竪型汚水汚物ポンプを採用した事例として、以下の地区を紹介する。

（１）事業地区の概要

① 場所　　群馬県　Ｍ市
② 計画人口　　6,030 人
③ 計画戸数　　1,263 戸
④ 当初全体事業費　　459 百万円（処理施設分）

（２）コスト縮減の概要

沈殿槽の汚泥引抜設備は、ポンプによる引抜きとしているが、汚泥引抜ポンプの機種は使用する用途に応じて多岐にわたっている。一般的には、低揚程、低回転数で汚泥のフロックを破砕しない型式が良いとされており、主に容積式の定量ポンプが用いられてきたが、近年は汚泥引抜設備についても、より低コストなものが求められている。本事例では、ポンプの特性、価格、維持管理費等について検討した結果、竪型汚水汚物ポンプを採用することとした。

対象工事　　沈殿槽汚泥引抜設備

機器費

① 従来費用　　7,800 千円（経費込み）
② 縮減後費用　　4,800 千円（経費込み）
③ 縮減額（率）　　3,000 千円（38%）

電力費（15 年間）

① 従来費用　　13,873 千円／15 年（経費込み）
② 縮減後費用　　9,460 千円／15 年（経費込み）
③ 縮減額（率）　　4,413 千円／15 年（32%）

機器費と 15 年間の電力費の合計

① 従来費用　　21,673 千円（経費込み）

② 縮減後費用　　14,260 千円（経費込み）

③ 縮減額（率）　　7,413 千円（34%）

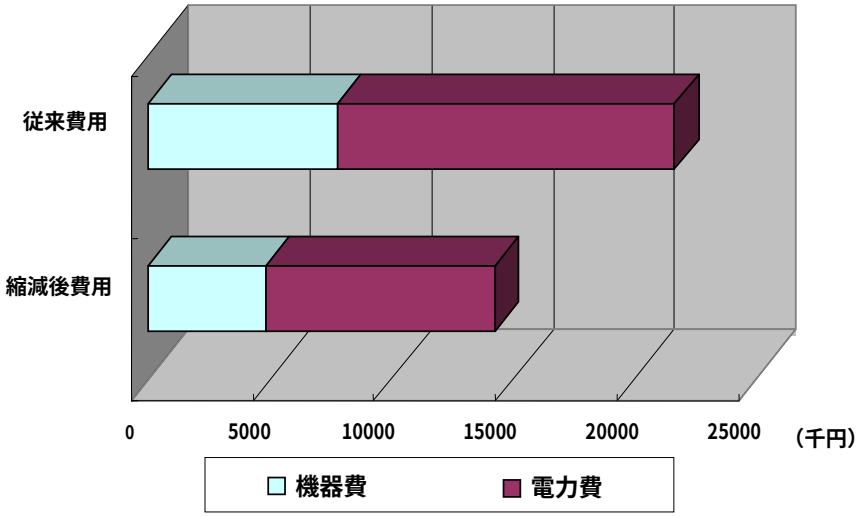


図 1.1.1　竪型汚水汚物ポンプ採用によるコスト比較

（3）工事内容

沈殿槽の汚泥引抜設備として、通常用いられている無閉塞型汚泥ポンプの代わりに、安価な押込式の竪型汚水汚物ポンプを採用した。このポンプの参考外形図を**図1.1.2**に示す。また、竪型汚水汚物ポンプは必要な設置スペースが小さいため、地階に設置する返送汚泥ポンプ室をコンパクトにすることが可能である。

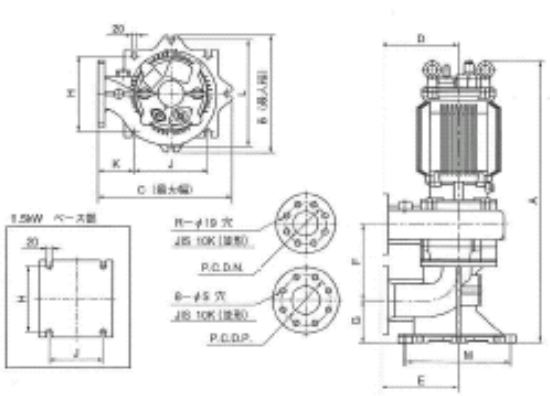


図 1.1.2　竪型汚水汚物ポンプの参考外形図

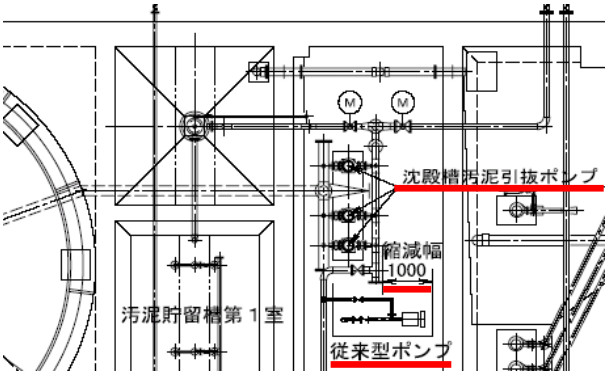


図 1.1.3　返送汚泥ポンプに竪型汚水汚物ポンプを採用した事例

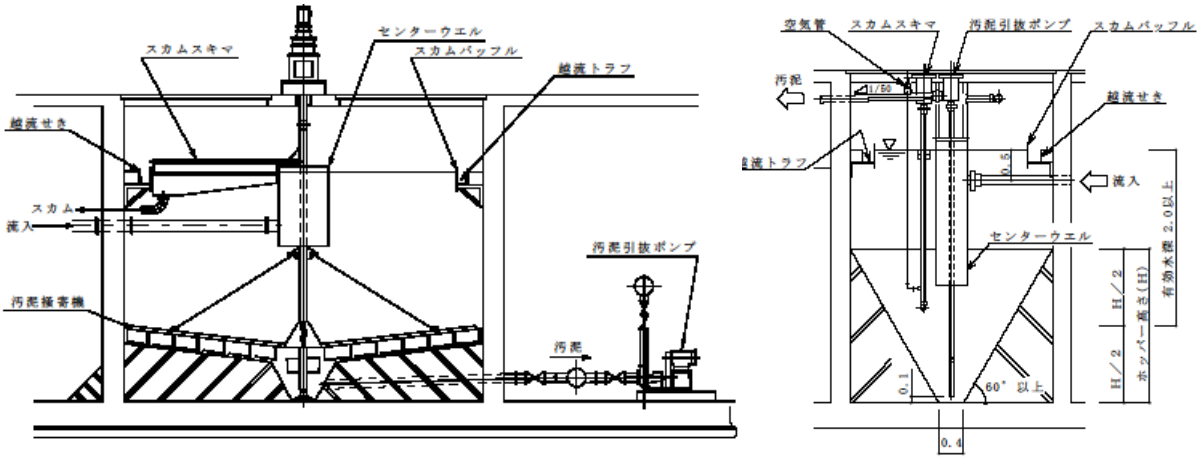
写真 1.1.1　返送汚泥ポンプに竪型汚水汚物ポンプを採用した事例

1.1.2　適用条件

本技術の適用条件は、以下のとおりである。
・沈殿槽が掻き寄せ機構造である場合

【解　説】

沈殿槽の構造には、掻き寄せ機構造以外にホッパー構造があり、以下の場合には掻き寄せ機構造としている。ホッパー構造の沈殿槽は主に小規模な施設に採用されるが、汚泥の引抜きにはエアリフトポンプを採用することが原則となっている（掻き寄せ機構造の沈殿槽とホッパー構造の沈殿槽の断面図は**図 1.1.4** 参照）。



掻き寄せ機構造　　**ホッパー構造**

図 1.1.4　沈殿槽の構造

1.1.3　設計における留意点

設計における留意点は、以下のとおりである。
・引抜汚泥量（返送汚泥量）の計量並びに調整ができる構造としなければならない。
・汚泥フロックを壊さないために４極構造のポンプを使用することが望ましい。
・水槽スラブ上に設置することはできない。

【解　説】

設計における留意点は、以下のとおりである。

（１）引抜汚泥量（返送汚泥量）の計量並びに調整ができる構造としなければならない。

陸上型の容積式のポンプの場合は、インバーター等で回転数を制御することで、引抜汚泥量を調整している。また、汚泥計量槽若しくは流量計により、汚泥引抜量を計測できるようにしている。竪型汚水汚物ポンプを用いる場合は、以下のいずれかの方法で引抜汚泥量を調整できるようにしなければならない。

① 汚泥計量槽の改良

汚泥計量槽の構造を、流量調整槽の後段に設置する汚水計量槽と同様にする。一部の汚泥を沈殿槽のセンターウェルに戻すオーバーフロー管と調整堰を設けることによ

り、引抜汚泥量を計測するだけではなく調整も可能な構造とする。また、この場合、汚泥計量槽から先の汚泥移送管は、自然流下配管となるため、閉塞時の清掃ができるように適宜掃除口を設置する必要がある。

② インバーター制御の導入

竪型汚水汚物ポンプにインバーターを設置する。引抜汚泥量は流量計の値を見ながら、回転数を変えることにより調整するが、容積式のポンプとは異なり、回転数と流量が綺麗に比例するとは限らないので、回転数と引抜汚泥量の関係を検量線化して特性をつかんでおくことが望ましい。また、低供用時における低回転数の運転では、揚程不足により引抜きが不可能となる場合があるので、設定可能な回転数には下限がある。

なお、汚泥引抜ポンプからの吐出配管にバルブを設置して、その開度で流量を調整する方法は、弁体に汚泥が付着することにより、徐々に閉塞して流量が低下するため不可である。

（2）汚泥フロックを壊さないために４極構造のポンプを使用することが望ましい。

沈殿汚泥は、活性汚泥がフロック化して沈降したものであるため、汚泥引抜ポンプはフロックを壊しにくいタイプであることが望ましい。４極構造のモーターを使用したポンプは、２極構造のモーターを採用したものに比べて羽根車の回転数が小さく、活性汚泥のフロックが破壊されにくいとされている。

（3）水槽スラブ上に設置することはできない。

竪型汚水汚物ポンプには自吸性がないため、ポンプ本体並びに吸い込み配管は、沈殿槽の水面よりも低い箇所に設置する必要がある。したがって、水槽スラブ上に設置することは不可能である。

1.1.4　維持管理における留意点

維持管理における留意点は、以下のとおりである。
・日常管理時には必ず引抜汚泥量を確認し、必要に応じて配管の清掃等を行う。

【解　説】

日常管理時には必ず引抜汚泥量を確認し、運転条件を変更していないのに、引抜汚泥量が変化していないかを確認する。

引抜汚泥量の計量並びに調整に汚泥計量槽を使用している場合は、汚泥計量槽から先の移送管が自然流下による移送となるため、汚泥計量槽からの移送管への入り口、移送管の末端での送泥状況を目視で確認し、移送管が閉塞している可能性があれば、配管の清掃を行う。

引抜汚泥量の調整に、インバーターを採用した場合は、回転数と引抜汚泥量の関係が変わっていないかを適宜確認する必要がある。

参考資料 1.2　流入負荷量に併せたＯＤばっ気撹拌装置の運転手法

流入負荷量に合わせてＯＤ方式ばっ気撹拌装置の間欠運転（タイマー運転）による省エネ運転手法である。

【解説】

流入汚水の負荷量に併せてオキシデーションディッチのばっ気撹拌装置の運転時間をタイマーにより変更して省エネ運転を行い、その省エネ効果を確認した。

1.2.1　調査施設の概要

ＯＤ方式ばっ気撹拌装置の運転時間を変更して省エネ運転を行った施設概要は**表 1.2.1** のとりである。

表 1.2.1　調査施設の概要

計画流入汚水量（m^3/日）	流入汚水量（m^3/日）	供用率（%）	系列数	型式
786	451	57.4	1 系列	OD_{96}

1.2.2　調査方法

（1）調査スケジュール

本実証調査は平成 22 年 11/29 より調査に入り、12/14 から省エネ運転となる運転変更を行った（**表 1.2.2** 参照）。

表 1.2.2　調査スケジュール

	H22/11 月	12 月	H23/1 月
省エネ運転前	11/29 ●→	12/13	
省エネ運転後		12/14 ●→	1/12

（2）省エネ運転手法

JARUS-OD_{96} 型の本施設では、特に使用電力量の多いＯＤ方式ばっ気撹拌装置に着目し、処理水質に影響の出ない範囲で運転時間の調整を試みた。なお、ＯＤ方式ばっ気撹拌装置は斜め型の機種で４台設置されていた（**図 1.2.1** 参照）。

本地区ＯＤ方式ばっ気撹拌装置は一日当たり 11 時間（深夜以外は 30 分ばっ気、30 分停止の運転サイクル）となっており、現状は 4 台同時運転となっている(**図 1.2.2** 参照)。

9～10 月の平均流入水量が 451m^3／日（設計流入水量 786 m^3/日に対して約 57.4%）と設計値の半分程度の負荷であり、また、現地での簡易水質調査（パックテスト）で十分硝化・脱窒が進行していることを確認した上で、ＯＤ方式ばっ気撹拌装置 4 台を各 11 時間／日運転から更に稼動時間を削減して各 9.5 時間/日に変更した。

具体的な運転手法は、**「5.4　オキシデーションディッチ（ＯＤ）ばっ気撹拌装置の運転手法」**を参照とする。

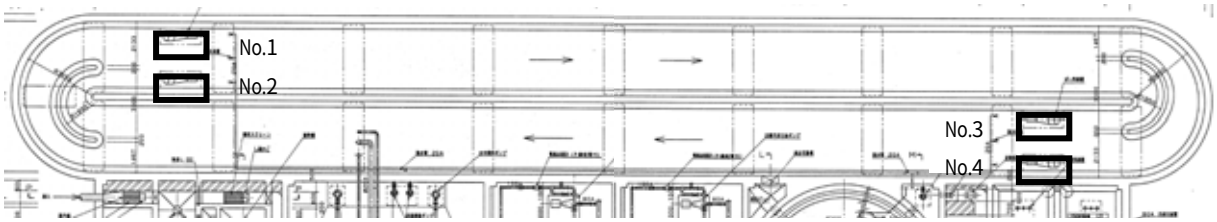


図 1.2.1　ＯＤ槽ばっ気撹拌装置位置

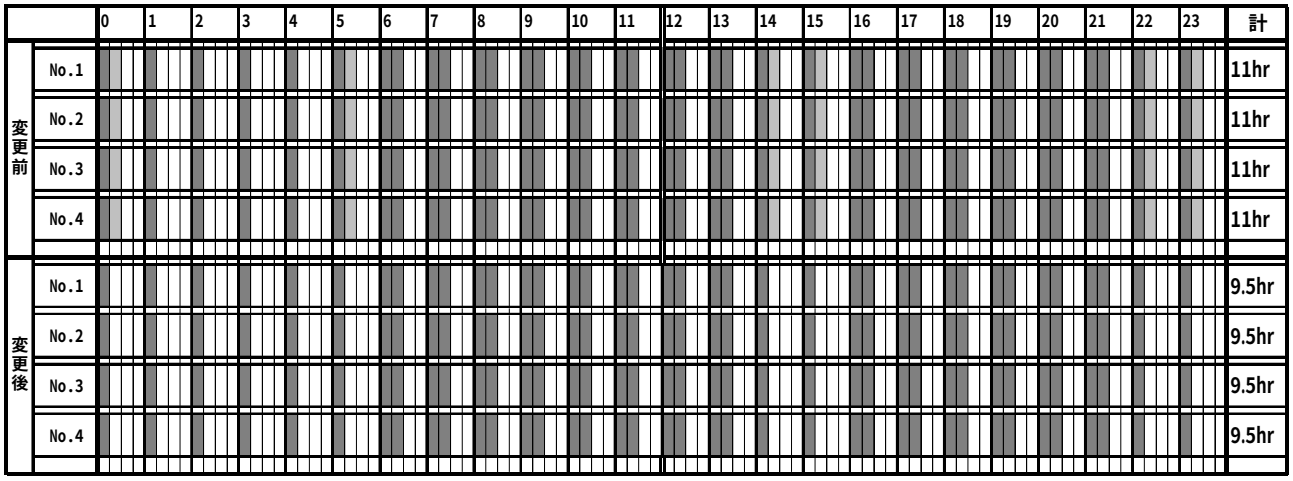


図 1.2.2　OD 槽ばっ気撹拌装置 運転時間

1.2.3　電力計による調査結果

本施設のＯＤ方式ばっ気撹拌装置（４台）に設置した電力計での測定結果は、**表 1.2.3** のとおり、使用電力量の合計量で 13.7%の削減を確認することができた。

（5,726－4,944）／5,726×100＝13.7%

表1.2.3　ＯD方式ばっ気撹拌装置の運転時間と電力量

ばっ気撹拌装置	機器動力（ｋW）	台数(台)	省エネ実証前運転		省エネ実証後運転	
			運転時間(h)	使用電力量（ｋWh/日）	運転時間(h)	使用電力量（ｋWh/月）
NO.1	2.7	1	11.0	1,484	9.5	1,281
NO.2	2.7	1	11.0	1,448	9.5	1,250
NO.3	2.7	1	11.0	1,363	9.5	1,177
NO.4	2.7	1	11.0	1,431	9.5	1,236
合計量	10.8	4	44.0	5,726	38	4,944

1.2.4　省エネ効果の確認

省エネ運転前後の使用電力量の削減量から年間の使用電力量料金の削減額を算出した。

なお、使用電力量当たりの電気量料金は 13 円／kWh とした。

下記の計算結果から 122 千円／年の省エネ効果が得られた。

（5,726－4,944）kWh／月×12 月／年×13 円／kWh＝122 千円／年

1.2.5　処理性能

省エネ運転前後における現地パックテストの NH4-N 濃度は 0.5mg／Ｌ以下であり、硝化は十分に進行していた。この結果から更にＯＤ方式ばっ気撹拌装置の稼動時間を短縮することで、省エネ効果の向上も可能であったと推察された。

また、この省エネ実証前後での公定法による水質分析結果には大きな差は生じなかった。

参考資料２　太陽光発電のアンケート調査結果

集落排水施設での太陽光発電の導入は、既に８県で 10 数地区導入されており、太陽光発電による電気料金の削減がなされている。

【解説】

集落排水施設で太陽光発電を実施している地区について、各県毎の土地改良事業団体連合会に太陽光発電を実施しているか否か聞き取りを行い、実施している地区についてアンケート調査を行い、設置状況や電気代等の削減効果の確認を行った。

聞き取りの結果、集落排水施設で太陽光発電を実施している地区があると回答した都道府県は８県で、その中でアンケート調査に回答のあった７県の太陽光発電の事例について概要を**表 2.1.1** に示した。

○　太陽光発電を実施（沖縄県宜野座村松田地区と惣慶地区は建設中）している地区は、年間を通して日照時間が長い沖縄県が多いが、中には岩手県や長野県といった冬に降雪がある地区でも実施済み。

○　処理施設の規模では、計画処理人口が小さい地区で 220 人規模、大きい地区では 4,350 人規模で実施。

○　維持管理費（電気代）は、太陽光発電を実施することにより従来の電気代に比べ 7～25%の削減効果。

なお、アンケート中での太陽光発電を設置する場合の留意点は以下のとおりである。

①　太陽光パネルの設置角度、方位によって発電量に差が生じる。
②　パネル設置のためのスペースが必要。
③　屋根に設置する場合はパネル荷重を見込んだ設計が必要。
④　太陽光パネルは外部に設置するため、海岸付近では塩害対策が必要。

太陽光発電は、環境にやさしくクリーンな自然エネルギーを利用することにより、地球温暖化対策を担い、また、電気代の削減が見込めるため太陽光発電の設備単価が低減すれば、今後は集落排水施設での設置が増える可能性がある。

なお、新規地区及び既設地区（機能強化対策等による設置）に太陽光発電設備を導入する場合の留意点は、**「4.5　太陽光発電の設計・施工における留意点」**を参考とする。

表2.1.1 集落排水施設における太陽光発電設備のアンケート結果一覧(1/2)

事例番号	都道府県名	市町村名	地区名	計画処理人口	太陽光運転開始時期	太陽光発電最大出力	維持管理費(電気代):千円/年				太陽光発電設備の全景
							低減後	従来	低減額	(割合)	
1	岩手県	花巻市	西南	4,350人	H20年6月	30.0Kw					
2	千葉県	山武市	大平	2,710人	H20年4月	70.0Kw	6,120	8,000	1,880	(24%)	
3	長野県	飯田市	更生太田	2,710人	H16年3月	15.0Kw					
4	岡山県	備前市	新庄	600人	H18年4月	10.0Kw	1,283	1,432	149	(10%)	
5	徳島県	海陽町	神野	220人	H11年7月	6.5Kw	450	600	150	(25%)	
6	山口県	萩市	明木市	1,230人	H13年7月	32.5kW	2,400	2,780	380	(14%)	
7	沖縄県	南城市	玉城第四	3,560人	H16年1月	58.0Kw	3,042	3,795	753	(20%)	

表2.1.1 集落排水施設における太陽光発電設備のアンケート結果一覧 (2/2)

事例番号	都道府県名	市町村名	地区名	計画処理人口	太陽光運転開始時期	太陽光発電最大出力	維持管理費 (電気代) : 千円/年				太陽光発電設備の全景
							低減後	従来	低減額	(割合)	
8	沖縄県	南城市	玉城第五	3,430人	H17年1月	58.0Kw	10,949	11,818	869	(7%)	
9	沖縄県	宜野座村	城原	3,000人	H20年4月	40.0Kw	3,295	4,031	736	(18%)	
10	沖縄県	宜野座村	宜野座	2,780人	H23年4月	28.0Kw			431		
11	沖縄県	宜野座村	松田	1,710人		14.0Kw			194		
12	沖縄県	宜野座村	惣慶	1,940人		25.0Kw			355		
13	沖縄県	恩納村	山田	2,580人	H23年8月	29.0Kw			396		

※ ▭ は未回答

参考資料３　維持管理業者への省エネ技術アンケート調査結果

集落排水施設の維持管理を行っている維持管理業者は、省エネ技術についての技術情報や知見を得る機会が少なく、今後とも積極的な情報提供を行う必要である。

【解説】

維持管理業務団体へのアンケートの調査対象は、維持管理に携わっている全国環境整備事業協同組合連合会（以下、「環整連」という。）への加盟企業とした。

なお、本アンケート調査は環整連の事業部会を通じて依頼した。

集落排水施設の維持管理を担当し、省エネ技術（特に省エネ運転）についてのノウハウも蓄積している維持管理の民間企業に、省エネ運転の知見や情報について調査したものである。

○調査対象

25 都道府県の環整連加盟の民間企業

○実施時期

平成 24 年 6 月 13 日～7 月 13 日

○調査内容

維持管理における省エネ運転の調査内容

○調査結果

アンケート回収率　環整連加盟の民間企業への配布数　　：317 件
　　環整連加盟の民間企業からの回答数　：133 件（回収率：42%）

得られたアンケート結果を基に、維持管理業者の視点からの省エネ運転についての知見や情報等を整理し、質問事項ごとに調査結果をまとめ**て表１**に示した。

アンケート結果から維持管理業者は、省エネ技術についての情報収集の機会が少なく、また、省エネ技術の提案も少ない結果であった。このため、今後とも省エネ技術についての積極的な技術情報や知見の提供が必要とみられる。

表１　集落排水施設における省エネ技術に関するアンケート調査票の集計結果

質　問　事　項	結　果　概　要
市町村担当者と特に省エネ運転についての打ち合わせや情報交換を実施することがありますか？	省エネについての打合せや情報交換を行うのが、③全くない（42%）及び②あまりない（45%）が合計で87%である。省エネについての打合せの機会が少なすぎ、検討されていないとみられる。
Q1への回答で「①3回以上／年の打合せや情報交換がある」への回答者への追加の設問。 打ち合わせの中で市町村担当者から、省エネ運転について情報交換やタイマー設置等の機器導入の要望を受けたことがありますか？	市町村担当者からの省エネについての代表的な要望内容で以下の事項が全体の43%である。 ①農集排施設に設置してある外灯のタイマーの設置、間引き消灯など ②施設全体の使用電気料削減について ③室内照明の消灯励行
貴社から市町村担当者に「こうすれば省エネ運転となる」または、「こうした機器を導入する」ことで、省エネ効果が得られるといった事例やアイデアを提案したことがありますか？	「提案したことはない」が72%と大多数で積極的には提案していないとみられる。
維持管理の段階で、「こうすれば省エネ運転となる」または、「こうした機器を導入する」ことで、省エネ効果が得られるといった事例やアイデアがあれば、具体的にお教えください。	省エネ効果が得られる事例やアイデアは、以下で全体の４７％で、ごく一般的な内容とみられる。 ①各機器のインバータ設定調整 ②各機器のタイマー運転 ③ﾌﾞﾛﾜｰ、ｽｸﾘｰﾝ、破砕機、ﾌｧﾝ、水中攪拌、ばっき攪拌装置等を間欠運転 ④タイマー付きの機器については、現状に合わせたタイマー設定 ⑤流入負荷、季節、ばっ気槽(反応槽)に合わせたばっ気ﾌﾞﾛﾜの稼動時間調整 ⑥外灯などの施設照明の一部の夜中停止
Q3とは別に以下の３つの省エネ運転事例についてお伺いします。	
流量調整槽撹拌装置は連続運転が通常ですが、タイマーによる間欠運転をした経験はありますか？（タイマーが設置されているケース）	「実施している。又は経験がある」が58%である。なお、「実際の設備ではタイマーの設置がない」が36%の回答であり、この分を除いた集計では全体の90%が、「実施している。又は経験がある」となり、周知済みとみられる。
回分方式の流量調整ポンプの運転で汚水計量槽（四角堰）からの汚水の戻り量を少なくすることでの省エネ運転方法をご存じですか？	「知っており実施」：40%で、残りは、「知ってはいるが、実施していない」：20%、「しらない」：40%であり、この運転手法は、標準運転方法ではないので、周知が必要とみられる。
脱臭ファンや給排気ファンを間欠運転（タイマー運転）する場合があることをご存じですか？（タイマーが設置されているケース）	「知っており、実施している」が77%であり、ほぼ周知・実施されている。
省エネ運転を実施した場合、その省エネ効果（電気代）を確認していますか？	「省エネ運転を実施していない」割合が49%と高い状況である。実施した場合では63%が「確認している」との割合であった。
省エネ技術を導入し省エネ効果があった際に、事業主体の評価はどうでしたか？	事業主体の「評価を聞いていないのでわからない」が77%と大多数である。
維持管理を行う立場からすると、省エネ運転を行うことに対する思いはどのようなものでしょうか	「積極的に実施すべき」が69%と大多数占めている。一方、「運転対応が複雑になりそうで避けたい」との意見が24%であった。どちらかというと、積極的に実施すべきとの意向がみられる。
省エネ運転を継続して実施するには、何が一番大事だと思われますか？ 大事だと考えられる事項をご回答下さい。	主な意見は以下の事項で49%であった。 ①処理性能、水質の維持 ②行政との意識、情報の共有、理解等 ③省エネ運転、維持管理に対する意識、姿勢
省エネとしての運転手法で「これは問題だな。」と思われる事項（事例）があればお教えください。	主な意見は以下の事項で54%であった。 ①処理水質に影響のある機器の設定変更 ②ガスや臭気の充満、酸欠等の可能性がある機器の運転時間
省エネ運転についてのご意見・要望等がありましたら、ご記入ください。	主な意見は以下の事項で52%であった。 ①省エネも大事だが、水質を維持することが大切である。 ②省エネ運転についての情報、各種データがほしい。講習会を開催してほしい。 ③省エネ運転となる設計指針が当初から必要 ④機器の種類や地域、施設により省エネ運転ができないことも考えられる。